



SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER ELEKTROLIT PEO/NaClO₄/FLY ASH PT. TJIWI KIMIA MOJOKERTO PADA BATERAI ION NATRIUM

DIMAS RIO PRIYAMBODO
NRP. 1413100035

Dosen Pembimbing I
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Dra.Ita Ulfin, M.Si.

DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



SCRIPT

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF
ELECTROLYTE POLYMER PEO/NaClO₄/FLY ASH PT.
TJIWI KIMIA MOJOKERTO ON SODIUM ION
BATERRIES**

**DIMAS RIO PRIYAMBODO
NRP. 1413100035**

**Advisor Lecturer I
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.**

**Advisor Lecturer II
Dra.Ita Ulfan, M.Si.**

**DEPARTMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURALSCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER
ELEKTROLIT PEO/NaClO₄/FLY ASH PT. TJIWI KIMIA
MOJOKERTO PADA BATERAI ION NATRIUM**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains

Pada

Program Studi S-1 Departemen Kimia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

DIMAS RIO PRIYAMBODO

NRP 1413 100 035

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER
ELEKTROLIT PEO/NaClO₄/FLY ASH PT. TJIWI KIMIA
MOJOKERTO PADA BATERAI ION NATRIUM**

SKRIPSI

Oleh:

DIMAS RIO PRIYAMBODO

NRP 1413 100 035

Surabaya, 21 Juli 2017

Menyetujui,

Pembimbing I

Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.

NIP. 19840524 200612 2 006

Pembimbing II

Dra. Ita Ulfin, M.Si.

NIP. 19650426 198903 2 002



Mengetahui :

Kepala Departemen Kimia,

Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc

NIP. 19710616 199703 1 002

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER
ELEKTROLIT PEO/NaClO₄/FLY ASH PT. TJIWI KIMIA
MOJOKERTO PADA BATERAI ION NATRIUM**

Nama : Dimas Rio Priyambodo
NRP : 1413100035
Departemen : Kimia FMIPA
Pembimbing I : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.
Pembimbing II: Dra. Ita Ulfin, M.Si.

ABSTRAK

Polimer elektrolit padat dikembangkan untuk mengganti larutan elektrolit di dalam baterai ion natrium yang mempunyai fungsi yaitu sebagai media untuk transport ion. Padatan polimer elektrolit merupakan hasil sintesis dari PEO, NaClO₄ dan *Fly Ash*. Kristalinitas pada padatan polimer elektrolit dan interaksi antara PEO dengan ion Na telah di karakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar X (XRD), spektra IR (FTIR). Terjadi interaksi antara ion Na⁺ dan ion O⁻ pada PEO yang menyebabkan berkurangnya fase kristalinitas. Jika ditambahkan dengan *fly ash* maka akan mengalami pembentukan kompleks garam polimer, sifat amorf akan meningkat dan fase kristalinitas berkurang karena adanya ion Na⁺, ClO₄⁻, O⁻, Si-O atau Al-O. Konduktivitas ionik didapatkan dari spektra impedansi dengan rentang frekuensi sebesar 1 MHz -1Hz dengan sinyal 10 mV dan pada suhu 60 °C sebesar $2,90 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$, jika ditambahkan dengan *fly ash* maka hasilnya akan meningkat sebesar $1,56 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$.

Kata kunci :Baterai ion natrium, Polimer elektrolit, PEO, NaClO₄, Fly ash, Konduktivitas ionik

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF
ELECTROLYTE POLYMER PEO/NaClO₄/FLY ASH PT.
TJIWI KIMIA MOJOKERTO ON SODIUM ION
BATERRIES**

Name : Dimas Rio Priyambodo
Student Number : 1413100035
Department : Kimia FMIPA
Advisor Lecture I : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.
Advisor Lecture II : Dra. Ita Ulfin, M.Si.

ABSTRACT

The solid polymer electrolyte is developed to replace the solution polymer electrolyte in a sodium ion batteries having a function that is as a medium for ion transport. The solid polymer electrolyte is the synthesis of PEO, NaClO₄ and Fly Ash. The crystallinity of The solid polymer electrolyte and the interaction between PEO and Na ion have been characterized by X-ray diffraction (XRD), Fourier Transformed Infra Red (FTIR). An interaction occurs between the Na⁺ ions and the O⁻ ions in the PEO which causes a decrease in the crystallinity phase. If added with fly ash it will experience the formation of the polymer salt complex, the amorphous properties will increase and crystalline phases are reduced to the presence of Na⁺, ClO₄⁻, O⁻, Si-O or Al-O ions. The ionic conductivity is obtained from the impedance spectrum with a frequency range of 1 MHz -1Hz with a signal of 10 mV and at a temperature of 60 °C of $2,90 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$, when added with fly ash the result will increase by $1,56 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$.

Keywords: Sodium ion batteries, Electrolyte polymer, PEO, NaClO₄, Fly ash, Conductivity ionic

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah skripsi berjudul **“SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIMER ELEKTROLIT PEO/NaClO₄/FLY ASH PT. TJIWI KIMIA MOJOKERTO PADA BATERAI ION NATRIUM”**dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada :

1. Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Dra. Ita Ulfen, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini
3. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc., selaku Kepala Departemen Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Ir. Endang Purwanti S., MT., selaku dosen wali saya yang telah memberikan semangat dan masukan selama ini.
5. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa untuk saya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baterai	5
2.2 Polimer Elektrolit.....	7
2.3 Konduktivitas Ionik pada Polimer Elektrolit	9
2.4 <i>Fly Ash</i>	11
2.5 Karakterisasi	13
2.5.1 Difraksi Sinar-X (XRD).....	13
2.5.2 Fourier Transform Infra Red (FTIR)	15
2.5.3 Spektroskopi Impedansi	17
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	21
3.1 Alat dan Bahan	21
3.1.1 Alat	21
3.1.2 Bahan	21
3.2 Prosedur Penelitian	21
3.2.1 Preparasi PEO.....	21

viii

3.2.2 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO- NaClO_4)	22
3.2.3 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO- NaClO_4 -FlyAsh)	22
3.2.4 Karakterisasi	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Sintesis Polimer Elektrolit Padat.....	25
4.2 Hasil Karakterisasi XRD	26
4.3 Hasil Karakterisasi FTIR.....	27
4.4 Hasil Karakterisasi Impedansi	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	33
5.1 KESIMPULAN.....	33
5.2 SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39
BIODATA PENULIS	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja baterai	7
Gambar 2.2 Struktur PEO	9
Gambar 2.3 Mekanisme Na^+ pada polimer PEO	11
Gambar 2.4 Difraksi sinar-x	14
Gambar 2.5 Difraksi sinar-x pada PEO, Li dan TiO_2 dengan variasi suhu	15
Gambar 2.6 Skema alat spektroskopi IR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (<i>beam splitter</i>). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display	16
Gambar 2.7 Spektra IR PEO, Li dan Si	17
Gambar 2.8 Frekuensi rendah hingga tinggi pada spektroskopi impedansi	18
Gambar 4.1 Difraktogram difraksi sinar-X	26
Gambar 4.2 Pola spektra IR	28
Gambar 4.3 (a) spektra impedansi ; (b) titik pertama, perpotongan R di antara sumbu x dan sumbu y	30
Gambar 4.4 Konduktivitas ionik polimer elektrolit padat	32
Gambar A.1 Skema kerja preparasi PEO	39
Gambar A.2 Skema kerja sintesis PEO- NaClO_4	40
Gambar A.3 Skema kerja sintesis PEO- NaClO_4 -fly ash	41
Gambar C.1.1 Difraksi sinar-x PEO	43
Gambar C.1.2 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4	44
Gambar C.1.3 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4 -fly ash	45
Gambar C.2.1 Spektra IR PEO	46
Gambar C.2.2 Spektra IR PEO- NaClO_4	47
Gambar C.2.3 Spektra IR PEO- NaClO_4 -fly ash	48
Gambar C.3.1.1 Spektra impedansi PEO suhu 40	49
Gambar C.3.1.2 Spektra impedansi PEO suhu 50	49
Gambar C.3.1.3 Spektra impedansi PEO suhu 60	50

Gambar C.3.1.4 Spektra impedansi PEO suhu 70	50
Gambar C.3.1.5 Spektra impedansi PEO suhu 80	51
Gambar C.3.1.6 Spektra impedansi PEO suhu 90	51
Gambar C.3.2.1 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 40	52
Gambar C.3.2.2 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 50	52
Gambar C.3.2.3 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 60	53
Gambar C.3.2.4 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 70	53
Gambar C.3.2.5 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 80	54
Gambar C.3.2.6 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ suhu 90	54
Gambar C.3.3.1 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 40	55
Gambar C.3.3.2 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 50	55
Gambar C.3.3.3 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 60	56
Gambar C.3.3.4 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 70	56
Gambar C.3.3.6 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 80	57
Gambar C.3.3.5 Spektra impedansi PEO-NaClO ₄ -fly ash suhu 90	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai konduktivitas berbagai jenis elektrolit	8
Tabel 2.2 Klasifikasi fly ash.....	12
Tabel 2.3 Komposisi fly ash Tjiwi Kimia	13
Tabel C.1.1 Difraksi sinar-x PEO.....	43
Tabel C.1.2 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4	44
Tabel C.1.3 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4 -fly ash.....	45
Tabel C.2.1 Spektra IR PEO	46
Tabel C.2.2 Spektra IR PEO- NaClO_4	47
Tabel C.2.3 Spektra IR PEO- NaClO_4 -fly ash.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SKEMA KERJA

A.1 Sintesis PEO.....	39
A.2 Sintesis Solid Polimer Elektrolit (PEO- NaClO_4).....	40
A.3 Sintesis Solid Polimer Elektrolit (PEO- NaClO_4 -FlyAsh)....	41

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

B.1 Sintesis Solid Polimer Elektrolit (PEO- NaClO_4).....	42
B.2 Sintesis Solid Polimer Elektrolit (PEO- NaClO_4 -FlyAsh)....	42

LAMPIRAN C HASIL KARAKTERISASI

C.1 Hasil Difraksi Sinar-X.....	43
C.2 Hasil Fourier Transform Infra Red.....	46
C.3 Hasil Spektroskopi Impedansi.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan isu hangat yang selalu diperlukan inovasi dari tahun ke tahun. Salah satu inovasi di dalamnya adalah bidang material penyimpan, contohnya baterai. Baterai dikenal sebagai sumber listrik yang fleksibel sehingga dapat diaplikasikan dalam peralatan elektronik seperti ponsel, power supply dan lain-lain. Baterai konvensional hanya sekali pakai, namun pada perkembangannya keberadaan baterai dapat diisi ulang. Teknologi yang berkembang pada ponsel ataupun barang elektronik lainnya juga menuntut kualitas termasuk dalam hal sumber daya yakni baterai itu sendiri. Hal tersebut secara tidak langsung memaksa para produsen baterai untuk melakukan inovasi terus-menerus untuk menyeimbangkan teknologi yang perkembangannya tidak dapat dibendung.

Saat ini, penelitian di bidang energi pada baterai menekankan penggunaan energi secara efisien. Efisiensi energi tersebut meliputi pengembangan sistem penyimpanan energi, salah satunya adalah baterai ion-lithium. Ada dua hal yang mendasari pengembangan baterai ion-lithium yaitu lithium merupakan unsur yang ringan sehingga aman diaplikasikan untuk sel-sel elektrokimia, serta mempunyai potensial oksidasi yang cukup tinggi sehingga ideal untuk baterai dengan densitas energi yang tinggi (Meyer, 1998). Namun ketersediaan lithium pada alam sangat terbatas menyebabkan penerapan lithium di teknologi di masa depan terbatas, oleh karena itu para peneliti mencari energi alternatif untuk menggantikan peran lithium tersebut. Ion Na menjajikan sebagai alternatif energi pengganti dari ion lithium yang tepat karena keberadaan dari ion Na di bumi ini yang

melimpah serta akan membuat baterai ion-Na jauh lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan lithium (Palomares, 2012).

Penelitian menggunakan ion natrium telah diteliti sebelumnya. Beberapa contoh garam natrium telah dilakukan yaitu NaPF_6 , NaClO_4 , NaTf , NaTFSI , NaFSI , Na_2SO_4 , NaCF_3SO_3 , dan NaPO_3 (Mohapatra, 2008). Garam kompleks dengan ion natrium memiliki konduktivitas ionik yang lebih besar bila dibandingkan dengan ion lithium. Konduktivitas ion dari natrium sebesar $50,10 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ sedangkan ion lithium hanya $38,7 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$. Nilai dari besar kecilnya konduktivitas ion bergantung kepada elektrolit yang digunakan (Atkins, 1999).

Para peneliti menemukan beberapa masalah dalam Sintesis baterai ion-Na. Permasalahannya terletak pada elektrolit yang digunakan. Padahal elektrolit maupun konduktor ionik merupakan penyedia sarana yang digunakan untuk transfer ion. Elektrolit ini terdiri dari elektrolit cair maupun elektrolit padat. Masalah yang ditimbulkan bila menggunakan elektrolit cair diantaranya ialah rentan terhadap kebocoran, mudah terbakar dan bersifat beracun. Baterai dengan menggunakan elektrolit padat atau *Solid Polimer Elektrolit* (SPE) lebih aman digunakan karena sistem elektrolit padat mempunyai kelebihan, diantaranya desain yang sederhana, tahan kejutan dan getaran, mempunyai kestabilan elektrokimia, tahan karat, ringan, anti bocor dan mudah diproduksi (Hidayat dan Iman, 2007).

Penggunaan Polimer elektrolit padat dalam baterai ion-Na memiliki kekurangan yaitu konduktivitas ionik yang rendah. Transportasi ion hanya terjadi dalam daerah amorf polimer dan sering diatur oleh gerakan segmental dari rantai polimer. Polietilen oksida (PEO) merupakan salah satu polimer sintetik yang memiliki daya tarik yang besar karena memiliki titik leleh yang tinggi, kesatuan struktur yang tinggi, temperatur transisi

gelas yang rendah, toksisitas yang rendah dan bersifat *biocompatible* (Jingyu dkk, 2004). Penelitian tentang PEO dengan garam alkali telah dilakukan (Chun-Yue dkk, 2007) dan polimer elektrolit tersebut dapat meningkatkan konduktivitas ionik pada temperatur 65°C. Telah terbukti dapat meningkatkan konduktivitas ionik, PEO yang mengandung garam tersebut cenderung akan mengkristal pada suhu kamar (Ghufira dkk, 2012).

Mengurangi pembentukan kristal dan meningkatkan konduktivitas ionik diperlukan penambahan beberapa matriks polimer diantaranya seperti ZrO_2 , BaTiO_3 , Sb_2O_3 , Al_2O_3 dan SiO_2 (Kumar dan Hashmi, 2010). Penambahan matriks polimer tersebut sebesar $1,701 \times 10^{-5}$ hingga $2,97 \times 10^{-5}$ S/cm dengan Al_2O_3 , serta sebesar $3,57 \times 10^{-5}$ S/cm dengan SiO_2 . Pada penelitian sebelumnya, penggunaan TiO_2 ditambahkan pada PEO dengan NaClO_4 (EO : Na = 20) menghasilkan konduktivitas ionik sebesar $2,62 \times 10^{-4}$ S/cm. Penambahan TiO_2 menyebabkan kristalinitas dari polimer berkurang sehingga konduktivitas ioniknya meningkat (Ni'mah dkk, 2015). Penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai pengganti TiO_2 yang ditambahkan pada matriks polimer PEO dengan garam NaClO_4 . Kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 yang terdapat *fly ash* diperkirakan mampu untuk meningkatkan konduktivitas ionik pada PEO dengan NaClO_4 .

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengamati pengaruh dari *fly ash* terhadap konduktivitas ionik polimer elektrolit padat dengan menggunakan matriks PEO dan garam dari NaClO_4 untuk baterai ion natrium.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* sebagai filler terhadap konduktivitas ionik pada polimer elektrolit padat menggunakan matriks PEO dan garam dari NaClO_4 untuk baterai ion natrium.

1.4 Batasan Masalah

Peneliti hanya membatasi permasalahan di pengaruh penambahan *fly ash* terhadap konduktivitas ionik pada sintesis polimer elektrolit padat yang menggunakan matriks PEO dan garam dari NaClO_4 .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

Baterai merupakan sumber energi yang utama pada berbagai peralatan elektronik *portabel* (Manthiram, 2008). Baterai merupakan sebuah sarana yang mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan aktif secara langsung menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi elektrokimia (redoks) yang terjadi pada elektroda (Linden, 2002). Baterai terdiri dari 3 komponen utama yaitu:

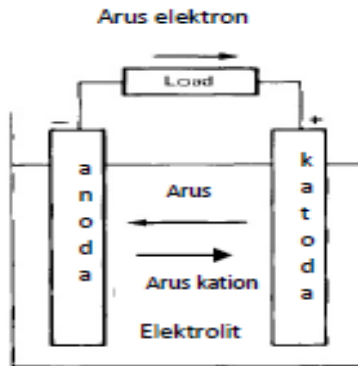
1. Anoda atau (elektroda negatif), berperan untuk mengurangi atau lebih dikenal sebagai sumber elektron dengan meninggalkan elektron yang dimilikinya ke sirkuit eksternal dan teroksidasi selama reaksi elektrokimia.
2. Katoda atau elektroda positif, berperan sebagai pengoksidasi (menerima elektron).
3. Elektrolit atau konduktor ionik yaitu sebagai penyedia sarana untuk mentransfer ion, terletak di dalam sel antara anoda dan katoda. Elektrolit ini biasanya berupa cairan ditambah dengan garam terlarut, asam atau basa untuk memberikan konduktivitas ionik. Beberapa baterai menggunakan elektrolit padat, yaitu konduktor ion pada suhu operasi sel.

Anoda dipilih dengan sifat meliputi, coulomb tinggi (Ah/g), konduktivitas yang baik, oksidator yang baik, kemudahan fabrikasi dan biaya rendah. Katoda harus menjadi agen pengoksidasi yang efektif dan stabil ketika kontak dengan elektrolit (Linden, 2002). Berdasarkan prinsip pengoperasiannya baterai diklasifikasikan menjadi baterai primer dan sekunder. Adapun perbedaan dari baterai tersebut adalah

1. Baterai primer merupakan baterai yang tidak dapat diisi kembali dan sebagai reaksi kimia yang terlibat bersifat irreversibel (Linden, 2002). Baterai ini berisi senyawa dengan jumlah yang tetap dan bereaksi sekali habis. Jika reaktan sudah dipergunakan, maka sel tersebut tidak dapat digunakan kembali. Baterai ini memiliki densitas energi yang tinggi dan karakteristik penyimpanan energi yang baik. Contoh baterai primer adalah karbon-besi, alkalin-mangan (Nishio dan Furukawa, 1999).
2. Baterai sekunder merupakan baterai yang dapat diisi ulang dan reaksi kimia yang terlibat reversibel (Linden, 2002). Energi baterai yang sudah digunakan dapat terbentuk lagi dengan terjadinya proses pembalikan elektrokimia. Reaktan kembali ada dalam bentuk aslinya, dan penyimpanan elektrokimia energi dapat digunakan kembali. Namun jenis ini memiliki kelemahan, yaitu biaya Sintesisnya yang tinggi.

Secara pengoperasiannya, anoda (A) akan mengalami reaksi oksidasi dan katoda (X) mengalami reaksi reduksi serta elektrolit akan berperan sebagai media transfer ion antara anoda dan katoda dalam sel. Kinerja baterai dicirikan oleh berbagai faktor kinerja elektrokimia, yang ditentukan oleh sifat intrinsik dari anoda, katoda dan bahan elektrolit yang digunakan serta teknik yang terlibat dalam perancangan dan Sintesis baterai tersebut (Manthiram, 2008). Secara prinsip, jika kedua elektroda dihubungkan dengan sebuah konduktor elektronik, aliran elektron dimulai dari elektroda negatif (dengan densitas elektron tinggi) ke elektroda positif. Elektron dilepaskan oleh anoda (teroksidasi) dan pada saat yang sama katoda menerima elektron. Setiap elektron yang mengalir dalam sirkuit luar dari negatif ke elektroda positif, sehingga listrik dapat terbentuk. Ion negatif dalam elektrolit berdifusi ke elektroda negatif dan ion positif berdifusi ke

elektroda positif. Rangkaian listrik berhenti beroperasi jika tidak ada pergerakan ion kembali, sehingga tidak ada arus yang terbentuk lagi (Linden, 2002). Prinsip kerja baterai dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Prinsip kerja baterai

2.2 Polimer Elektrolit

Material berbasis polimer memiliki beberapa keunggulan sebagai material elektrolit. Keunggulan tersebut antara lain (Gray, 1997):

1. Mempunyai hantaran listrik yang cocok untuk aplikasi sel elektrokimia.
2. Mempunyai sifat mekanik yang baik.
3. Mempunyai kestabilan kimia, elektrokimia dan fotokimia yang baik.
4. Murah dalam Sintesisnya.

Ciri-ciri yang harus dimiliki oleh suatu polimer agar dapat berfungsi sebagai *host* dalam elektrolit polimer (Linden, 2002), antara lain:

1. Memiliki atom atau beberapa atom yang cukup untuk mendonorkan elektron sehingga dapat membentuk ikatan yang berkoordinasi dengan kation.
2. Memiliki hambatan yang kecil terhadap pergerakan ikatan polimer sehingga memungkinkan pergerakan ion pada ikatan polimer.
3. Memiliki jarak yang sesuai antara pusat koordinat, hal ini penting dalam pembentukan beberapa ikatan ion secara intra polimer.
4. Memiliki suhu transisi gelas yang rendah sehingga memudahkan dalam pergerakan ion.

Elektrolit harus memiliki konduktivitas ionik yang baik tetapi tidak menjadi konduktif secara elektrik, karena akan menyebabkan konsleting internal, tidak reaktif dengan bahan elektroda, sedikit perubahan pada sifat terhadap perubahan suhu, aman dan biaya rendah (Linden, 2002). Adapun konduktivitas spesifik jenis-jenis elektrolit dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini.

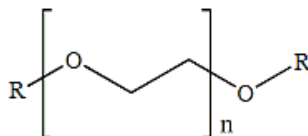
Tabel 2.1 Nilai konduktivitas berbagai jenis elektrolit

Sistem elektrolit	Konduktivitas spesifik ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)
Elektrolit cair	$1 - 5 \times 10^{-1}$
Garam cair	$\sim 10^{-1}$
Elektrolit anorganik	$2 \times 10^{-2} - 10^{-1}$
Elektrolit organik	$10^{-3} - 10^{-2}$
Elektrolit polimer	$10^{-7} - 10^{-3}$
Elektrolit anorganik padat	$10^{-8} - 10^{-5}$

Mekanisme perpindahan ion dalam elektrolit polimer yaitu akan mengalami mekanisme kekosongan dengan pengisian ion ke dalam kisi tetangga yang kosong. Mekanisme penyempitan akan terjadi dengan perpindahan ion ke bagian yang sempit secara tidak langsung (Ricket, 1973).

2.3 Konduktivitas Ionik pada Polimer Elektrolit

Secara umum, konduktivitas ionik polimer elektrolit ditentukan oleh fasa elastomer dari polimer yang strukturnya amorf (Kim dan Kim, 1999). Adapun fasa kristalin dari polimer dapat menurunkan nilai konduktivitas polimer. Polimer yang dikembangkan menjadi polimer elektrolit adalah polimer yang mempunyai fasa amorf, misalnya PEO. PEO (polietilen oksida) mempunyai struktur kimia $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O}-)_n$. Polietilen oksida (PEO) merupakan salah satu polimer sintetik yang memiliki daya tarik yang besar karena memiliki titik leleh yang tinggi, kesatuan struktur yang tinggi, temperatur transisi gelas yang rendah, toksisitas yang rendah dan bersifat *biocompatible* (Jingyu dkk, 2004). Gugus eter pada PEO akan membentuk suatu koordinasi dengan garam natrium sehingga membentuk larutan homogen. Nilai T_g PEO yang rendah membuat polimer dari PEO mempunyai nilai konduktivitas yang tinggi.



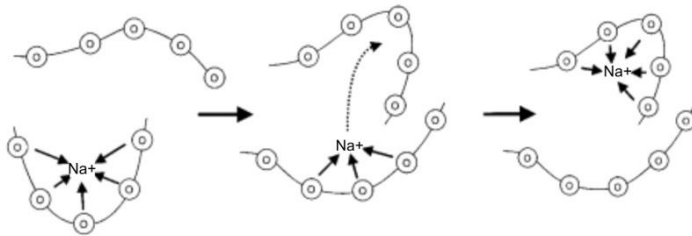
Gambar 2.2 Struktur PEO

Kinerja baterai ion natrium berdasarkan konduktivitas ionik, dalam hal ini ion Na^+ . Secara umum konduktivitas dipengaruhi oleh dua hal, yakni konsentrasi dari ion sebagai pembawa muatan dan mobilitas ion-ion tersebut (Ratna dkk, 2007). Semakin besar jumlah ion Na^+ dalam polimer, pada kondisi mobilitas ion yang sama, maka konduktivitasnya juga cenderung semakin meningkat. Berpengaruh pada kondisi mobilitas ion Na^+ misalnya mobilitas ion semakin kecil, maka dapat dimungkinkan nilai konduktivitasnya tidak akan selalu meningkat. Polimer elektrolit, bentuk pembawa muatannya antara lain kation tunggal, anion tunggal, dan kluster-kluster ion. Konduktivitas ion-ion berhubungan dengan bagian-bagian dari polimer. Mobilitas dari pembawa muatan ditentukan oleh lingkungan pembawa muatan tersebut, interaksi antara ion-ion dengan polimer, fleksibilitas rantai polimer dan karakteristik dari pembawa muatan, dan lain-lain.

Konsentrasi dan jenis garam natrium juga mempengaruhi konduktivitas ionik dari polimer. Semakin tinggi konsentrasi garam natrium maka derajat dissosiasinya semakin rendah (Meyer, 1998). Hal tersebut menjelaskan adanya konsentrasi garam yang optimum. Konsentrasi optimum tersebut, fraksi dari ion-ion bebas mencapai titik maksimumnya. Daya campur (*miscibility*) dari garam natrium pada larutan polimer akan menyebabkan perbedaan nilai konduktivitas ionik dari polimer elektrolit.

Melalui simulasi Molekular Dinamik (MD), diketahui bahwa konduktivitas ionik pada polimer elektrolit disebabkan oleh adanya konformasi dari rantai polimer (Yang dkk, 2003). Rantai-rantai dari polimer membentuk suatu lapisan-lapisan yang memungkinkan adanya mobilitas ion Na^+ . Mekanisme konduktivitas ionik pada polimer PEO adalah setiap lima atom

oksigen pada rantai PEO akan mengelilingi satu buah ion Na^+ . Mobilitas ion Na^+ tersebut melalui proses loncatan (*hopping*) ion, mekanisme tersebut dapat dideskripsikan dengan Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.3 Mekanisme Na^+ pada polimer PEO

Konduktivitas ion Na^+ melalui proses pembentukan dan pemutusan ikatan koordinasi diantara kation dan polimer. Hal tersebut mengakibatkan adanya volume bebas di antara kation dan polimer, yang digunakan untuk difusi ion jika ada pengaruh medan listrik. Suhu dalam konduktivitas ionik ini juga dapat mempengaruhi hasil dari ion tersebut (Meyer, 1998).

2.4 Fly Ash

Fly ash merupakan hasil sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran (ketel) berupa campuran asap dan dikenal sebagai serbuk abu pembakaran. *Fly ash* dapat dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Batubara itu sendiri ada dua macam yaitu antrasit (bitumen) dan batubara lignit (sub bitumen). Unsur utama batubara adalah karbon karena batubara bersumber dari alam, maka di dalamnya juga terkandung unsur-unsur mineral tanah yaitu silika, alumina, oksida besi, kapur alkali, belerang dan air. Batubara

yang dibakar, ada bagian yang terbakar dan ada bagian yang menguap yaitu karbon, belerang dan air yang akan menghasilkan panas, gas CO_2 , SO_2 , dan uap. Kandungannya terdapat pada Tabel 2.2 pada klasifikasi *fly ash*. Bagian yang tidak terbakar berupa tanah liat yang menjadi massa lebur. Massa ini akan melewati ruang pembakaran bersuhu rendah dan akan membentuk partikel padat berbentuk butiran. Sebagian butiran ini akan terkumpul menjadi abu dasar tetapi sebagian besar butiran halus layang mengikuti aliran gas, keluar dari ketel uap melalui cerobong. Partikel abu ini dipisahkan dari gas buang dengan alat *electrostatic presipirator*, sehingga dapat menghasilkan *fly ash* (Van Deventer dkk, 2006).

Tabel 2.2 Klasifikasi fly ash

Kandungan dan sifatnya	Jenis <i>fly ash</i>	
	F	C
Silikon oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), min, %	70,0 50,0	
CaO, %	<10	>10
Sulfur trioksida (SO_3), max, %	5,0	5,0
Kelembaban, max, %	3,0	3,0
LOI, max, %	6,0	6,0

(ASTM C618, 1994).

Hasil analisis kimia dari limbah Tjiwi Kimia Dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Komposisi fly ash Tjiwi Kimia

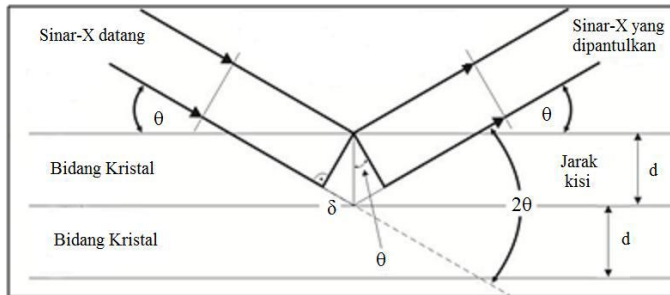
Zat Penyusun	Massa (%)
SiO ₂	73,21
Al ₂ O ₃	2,15
Fe ₂ O ₃	5,20
CaO	6,72
MgO	3,66
Na ₂ O	0,75
K ₂ O	0,27
SO ₃	0,26
H ₂ O	1,54
LOI	4,69

(ASTM Standard C 114-85,1986)

2.5 Karakterisasi

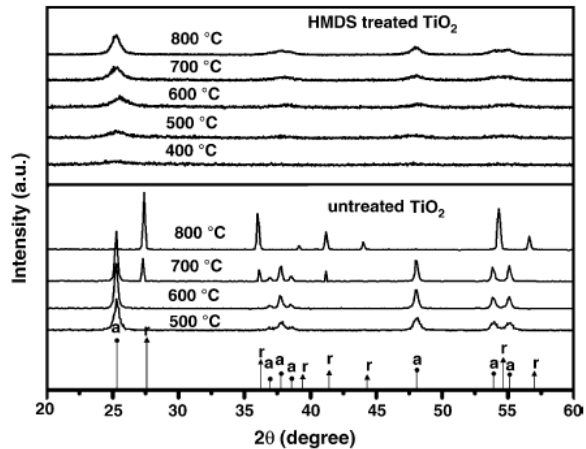
2.5.1 Difraksi Sinar-X (XRD)

Difraksi sinar-X (XRD) merupakan salah satu alat karakterisasi yang penting dalam bidang ilmu material zat padat. Penggunaan XRD secara umum adalah untuk karakterisasi fingerprint material Kristal dan menentukan strukturnya. Sampel kristal yang dianalisa dapat berupa serbuk, padatan dan lain-lain. Setiap kristal memiliki karakter khusus pada pola XRD untuk identifikasi fingerprint. Sekali melakukan identifikasi didapatkan kristalografi sinar-x yang dapat digunakan untuk menentukan strukturnya, seperti padatan atom yang terbentuk dalam kristal, jarak antar atom, sudut ikat yang terbentuk dan lain sebagainya (Panda dkk, 2003). Difraksi sinar-x dapat diamati pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.4 Difraksi sinar-x

Teknik karakterisasi ini memanfaatkan sinar-X sebagai sumber sinarnya. Sinar-X termasuk salah satu radiasi gelombang magnetik dengan panjang gelombang berkisar antara 10^{-10} m hingga 10^{-8} m, namun hanya sinar dengan panjang gelombang 0,3-0,25 Å yang dapat digunakan sebagai sumber sinar dari XRD. Sinar-X dihasilkan akibat adanya perbedaan potensial antara katoda yang berupa filamen dengan anoda yang berupa logam pada suatu ruang vakum, sehingga terdapat pergerakan elektron dengan energi besar diantara kedua elektroda (West, 1984). Penggunaan sinar-X sebagai sumber sinar dilakukan karena memiliki energi yang tinggi dengan panjang gelombang yang pendek serta ukuran dari panjang gelombangnya hampir sama dengan jarak antar atom dalam kristal yang tersusun dalam bidang atom yang beraturan (Sibilia, 1996). Pada Gambar 2.4 merupakan difraksi sinar x dari pengamatan PEO dan garam. Puncak yang terdeteksi mengalami penurunan setelah diberikan garam serta dengan pengaruh adanya suhu (Yang dkk, 2003).

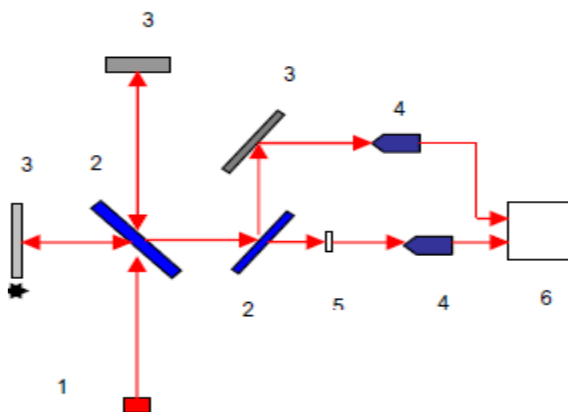


Gambar 2.5 Difraksi sinar-x pada PEO, Li dan TiO_2 dengan variasi suhu

2.5.2 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Karakterisasi dengan instrumen FTIR digunakan untuk identifikasi gugus fungsi pada suatu sampel dan dianalisa secara kualitatif. Prinsip dari FTIR adalah serapan dari senyawa dengan tingkat energi vibrasi dan rotasi pada ikatan kovalen yang mengalami perubahan momen dipol dalam suatu molekul (Sunardi, 2007), spektrum inframerah dihasilkan dari macam getaran dan rotasi dari molekul yang dikenai energi inframerah. Panjang gelombang di bawah $25\text{ }\mu\text{m}$ radiasi memiliki energy yang menyebabkan perubahan dalam tingkat energy vibrasi molekul dan disertai perubahan tingkat energi rotasi (Jeffery dkk, 1989).

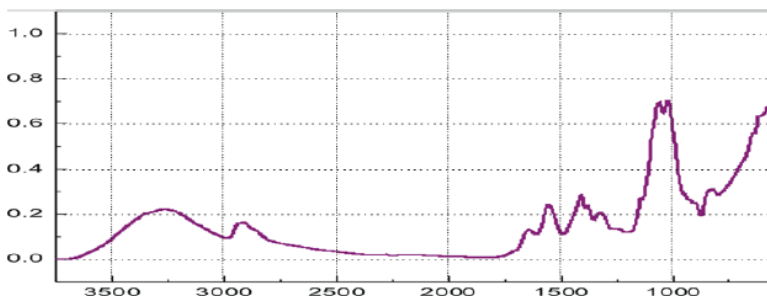
Mekanisme penggunaan dari spektrosopi IR dapat dilihat pada Gambar 2.5 untuk mempermudah analisis dalam menganalisis. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu melihat bentuk spektrumnya yaitu melihat puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Ikatan pada gugus fungsi yang lebih kuat dan atom yang lebih ringan menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi. Semakin kuat suatu ikatan, makin besar energy yang dibutuhkan untuk meregangkan ikatan tersebut. Frekuensi vibrasi berbanding terbalik dengan massa atom sehingga vibrasi atom yang lebih berat terjadi pada frekuensi yang lebih rendah (Anam, 2007).



Gambar 2.6 Skema alat spektroskopi IR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (*beam splitter*). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display

Gambar 2.6 merupakan spektroskopi infra merah dari pengamatan PEO dan garam. Terdeteksi adanya OH dengan pita lebar pada daerah panjang gelombang sebesar $3000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$. Pita pada daerah panjang gelombang $3000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus-gugus alkil. Hal ini diperkuat oleh pita-pita pada

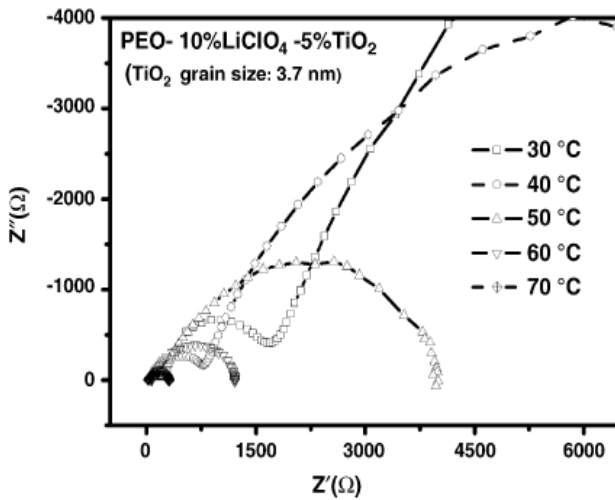
daerah panjang gelombang antara 1400 dan 1350 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus metil. Spektrum FTIR pada daerah sidik jari yaitu senyawa silika yang umumnya diketahui memiliki puncak yang khas dan kuat antara bilangan gelombang 1600 - 1500 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus fungsi Si-O-Si, adanya gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya puncak pada bilangan gelombang sekitar 800 cm^{-1} yang menunjukkan adanya Si-O (Mohammed dkk, 1995).



Gambar 2.7 Spektra IR PEO, Li dan Si

2.5.3 Spektroskopi Impedansi

Pergerakan elektron dan ionik dalam suatu baterai dapat diamati secara elektrokimia dengan menggunakan metode EIS (*Electrochemical impedance Spectrometry*). Impedansi elektrokimia bias diukur dengan menggunakan sebuah tegangan pada sebuah sel elektrokimia dan dapat mengukur arus listrik melalui sel. Arus massa dalam elektrolit dipengaruhi oleh besaran frekuensi, dimana kontrol kinetik sangat menonjol ketika frekuensi masih tinggi. Kontrol dari aliran listrik tersebut akan di pengaruhi oleh transport massa, laju reaksi kimia, korosi, sifat dielektrik, cacat mikrostruktur dan pengaruh komposisi terhadap sifat konduktansi dalam zat padat. Gambar 2.7 merupakan hasil analisa pada spektroskopi Impedansi.



Gambar 2.8 Frekuensi rendah hingga tinggi pada spektroskopi impedansi

Polimer elektrolit memiliki konduktivitas listrik dapat ditentukan dengan mengetahui resistansi bahan melalui pengukuran impedansinya. Sesuai dengan hukum Ohm, resistansi suatu bahan (R) memenuhi persamaan konduktivitas dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{l}{AR} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

σ = Konduktivitas Ionik ($S\ cm^{-1}$)

R = Resistensi bahan (Ω)

l = Tebal bahan (cm)

A = Luas penampang bahan (cm^2)

Impedansi merupakan sebuah konsep yang lebih umum dari resistansi karena di perhitungkan juga mengenai perbedaan fase antara arus dan tegangan. Impedansi dapat didefinisikan sebagai nilai resistansi kompleks dari suatu rangkaian listrik respon terhadap tegangan listrik yang diberikan. Spektroskopi impedansi merupakan peralatan analitik yang populer di penelitian dan pengembangan ilmu material karena alat ini memberikan pengukuran listrik yang relatif sederhana secara otomatis, laju reaksi kimia, korosi, sifat dielektrik, dan pengaruh terhadap sifat konduktansi (Macdonald, 2005).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain gelas kimia, spatula, pipet ukur, botol vial, neraca analitis ohaus PA214, kaca arloji, termometer, cetakan, *magnetic stirrer*, hot plate, oven, difraktometer sinar-X (XRD) Philips X-Pert, spektrofotometer FTIR Shimadzu dan spektroskopi AC impedansi autolab EC110M.

3.1.2 Bahan

Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini antara lain Polietilenoksida (PEO) Sigma-Aldrich, NaClO_4 K GaA, *Fly Ash* PT. Tjiwi Kimia Mojokerto dan asetonitrilanhidrat Emsure..

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Preparasi PEO

Polietilenoksida (PEO, berat molekul 600.000 organik) yang digunakan dalam penelitian. Pelarut yan digunakan asetonitrilanhidrat. PEO kemudian ditimbang 1 gram dan diletakkan kedalam botol vial dengan ditambahkan asetonitrilanhidrat 10 ml kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* serta hot plate pada suhu 45°C selama 6 jam hingga campuran tersebut homogen. Campuran kemudian didiamkan terlebih dahulu selama ± 24 jam untuk menghilangkan gelembung. Setelah gelembung hilang, dituangkan ke dalam cetakan lalu di uapkan pada oven dalam suhu 55°C selama 6 jam agar membentuk film. Film dapat segera dikarakterisasi.

3.2.2 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO- NaClO_4)

Polietilenoksida (PEO, berat molekul 600.000 organik) dan NaClO_4 yang digunakan dalam penelitian. Pelarut yang digunakan asetonitrilanhidrat untuk sintesis. PEO ditimbang 0,878 gram dan NaClO_4 ditimbang 0,122 gram kemudian diletakkan di botol vial dan ditambahkan asetonitrilanhidrat sebanyak 8 ml. Setelah ditambahkan asetonitrilanhidrat diaduk dengan *magnetic stirrer* menggunakan hot plate pada suhu 45°C selama 6 jam hingga campuran tersebut homogen. Campuran kemudian didiamkan terlebih dahulu selama ± 24 jam untuk menghilangkan gelembung pada larutan. Setelah gelembung hilang, dituangkan ke dalam cetakan (diameter 2 cm) secara merata lalu diuapkan pada oven dalam suhu 55°C selama 6 jam agar membentuk film elektrolit. Film dapat segera dikarakterisasi.

3.2.3 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO- NaClO_4 -FlyAsh)

Sintesis polimer elektrolit padat ini di dapatkan hasil yang optimum (film elektrolit berdiameter 2 cm dan ketebalannya 0,18 mm) pada penelitian sebelumnya oleh Ni'mah dkk (2015). Polietilenoksida (PEO, berat molekul 600.000 organik) NaClO_4 dan *fly ash* Tjiwi Kimia yang digunakan dalam penelitian. Asetonitrilanhidrat digunakan sebagai pelarut untuk sintesis elektrolit polimer. Sejumlah PEO, NaClO_4 dan *fly ash* tjiwi kimia yang telah ditimbang masing-masing sebesar 0,8278 gram, 0,1222 gram dan 0,05 gram kemudian diletakkan di botol vial dan ditambahkan dengan asetonitrilanhidrat 8 ml. Setelah ditambahkan asetonitrilanhidrat diaduk dengan *magnetic stirrer* menggunakan hot plate pada suhu 45°C selama 6 jam hingga campuran tersebut homogen. Campuran kemudian didiamkan terlebih dahulu selama ± 24 jam untuk menghilangkan gelembung pada larutan. Setelah gelembung hilang, dituangkan ke dalam

cetakan (diameter 2 cm) secara merata lalu di uapkan pada oven dalam suhu 55 °C selama 6 jam agar membentuk film elektrolit. Film dapat segera dikarakterisasi.

3.2.4 Karakterisasi

Sampel yang telah disintesis kemudian di karakterisai menggunakan difraktometer sinar-X (XRD) Philips X-Pert, spektrofotometer FTIR Shimadzu dan spektroskopi AC impedansi autolab EC 110M. Tujuan dari uji sinar-X (XRD) Philips X-Pert ini adalah untuk mengidentifikasi fasa kristalin dari elektrolit polimer komposit. Langkah selanjutnya dilakukan uji spektrofotometer FTIR shimadzu yang bertujuan untuk mengidentifikasi interaksi ionik antara *fly ash* Tjiwi Kimia, PEO dan garam kemudian untuk mengetahui konduktivitas ionik menggunakan spektroskopi AC autolab EC110M (analisis impedansi). Analisis impedansi menggunakan spektroskopi AC impedansi autolab EC110M dengan rentang frekuensi sebesar 1 MHz -1Hz dengan sinyal 10 mV.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

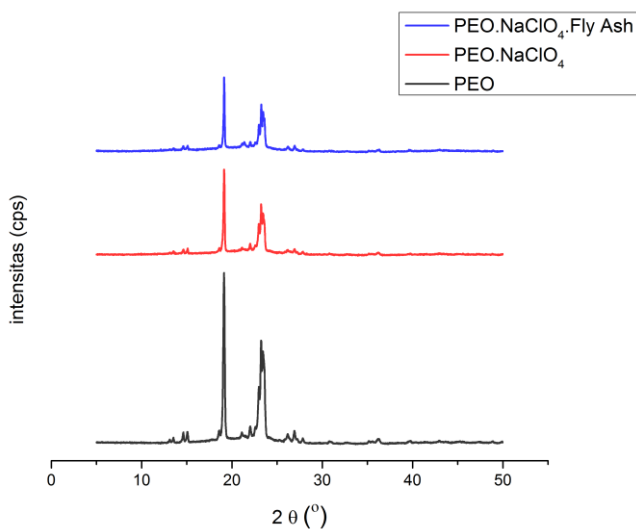
Penelitian ini telah dilakukan sintesis polimer elektrolit padat. Sintesis dilakukan untuk mempelajari konduktivitas ionik dari penambahan *fly ash* dan NaClO_4 pada PEO. Polimer elektrolit padat hasil dari sintesis dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui fasa dan kristalinitas. Gugus fungsi dengan spektroskopi inframerah (FTIR). Konduktivitas ionik pada *fly ash* dan NaClO_4 pada PEO dikarakterisasi menggunakan spektroskopi impedansi

4.1 Hasil Sintesis Polimer Elektrolit Padat

Sintesis polimer elektrolit padat menggunakan polietilenoksida (PEO) sebagai polimer, NaClO_4 sebagai garam dan menggunakan *fly ash* sebagai filler. *Fly ash* yang digunakan 5% karena mengacu pada jurnal dalam pembuatan polimer elektrolit yang membuat konduktivitas ionik makin baik. Mengacu pada jurnal dari Ni'mah dkk (2015) yang menggunakan filler 5% TiO_2 pada aplikasi baterai ion natrium dan Novitasari dkk (2016) yang menggunakan filler 5% silika pada aplikasi baterai ion litium. Berdasarkan literatur maka penelitian ini menggunakan *fly ash* 5%. Ketiga bahan ditambahkan asetonitrilanhirah yang berfungsi sebagai pelarut. Pengadukkan menggunakan magnetic stirrer dengan hot plate dengan suhu 45°C yang berfungsi untuk mempercepat semua bahan menjadi homogen. Larutan yang sudah homogen kemudian di panaskan untuk menguapkan asetonitrilanhirah dan membuat polimer elektrolit padat.

4.2 Hasil Karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD bertujuan untuk memperoleh informasi perubahan struktur mikro dan kristalin yang terjadi selama proses sintesis polimer elektrolit padat. Pola difraksi sinar X (XRD) dari sampel penambahan PEO, NaClO_4 dan *fly ash* yang diperoleh dengan menggunakan difraktometer sinar-X Philips X-Pert. Kondisi operasi melibatkan radiasi Cu pada 40.0 kV 30 mA. Data yang diperoleh berupa jarak antar bidang, intensitas dan sudut (2θ). Karakterisasi XRD telah dilakukan, didapatkan hasil dari sampel penambahan PEO, NaClO_4 dan *fly ash* yang dapat diamati pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Difraktogram difraksi sinar-X

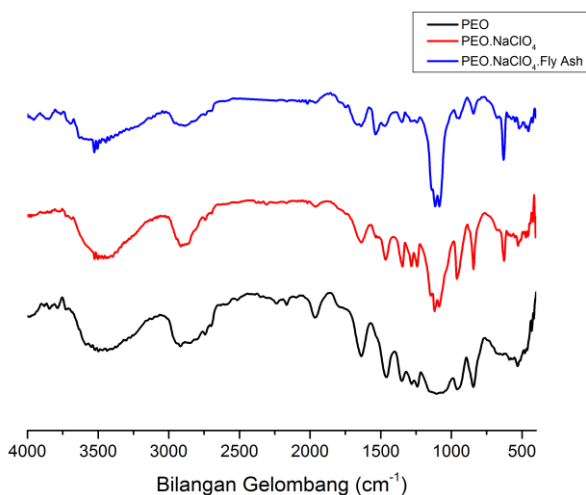
Gambar 4.1 terdapat puncak yang sama diantara ketiga sampel yang berada di $2\theta^{\circ}$ yaitu sebesar $19,1^{\circ}$ dan $23,2^{\circ}$. Penelitian pada sampel PEO menunjukkan masih terdapat adanya prekursor yang bersifat amorf dan hasilnya masih sangat kristalin,

dapat diketahui dengan melihat intensitas yang sangat tinggi. Intensitas dari PEO masing-masing sebesar 12529 dan 7655. Berbeda jika ditambahkan dengan NaClO_4 yang efektif untuk menurunkan puncak intensitas dan mengurangi kristalinitas kekuatan dari PEO. Penambahan NaClO_4 juga dapat mengganggu terjadinya struktur kristalin pada film (Hodge dkk, 1996). Intensitas dengan ditambahkan NaClO_4 masing-masing sebesar 6402 dan 3911. Pola difraksi dari XRD mengalami penurunan dengan adanya penambahan dari *fly ash*. Intensitas masing-masing hanya sebesar 5579 dan 3629. Hasil *fly ash* yang ditambahkan pada film ini menunjukkan adanya amorf dan fase kristalin yang sangat kecil bila dibandingkan dengan kedua sampel sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa sifat amorf akan berkurang dikarenakan pembentukan kompleks garam polimer, interaksi antara ion Na^+ dan ion O^- pada PEO (Patel dkk, 2010).

4.3 Hasil Karakterisasi FTIR

Karakterisasi spektroskopi inframerah (FTIR) digunakan untuk mengetahui vibrasi gugus fungsi pada sampel hasil sintesis dan untuk mengidentifikasi interaksi ionik antara kandungan dari *fly ash*, NaClO_4 dan PEO. Spektra IR diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer FTIR Shimadzu pada bilangan gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Parameter untuk mengkonfirmasi adanya interaksi antara polimer, garam dan kandungan dari *fly ash* adalah intensitas puncak, pergeseran puncak yang berhubungan dengan adanya garam dan munculnya ikatan baru karena adanya kandungan *fly ash*, NaClO_4 dalam polimer. Penelitian padatan polimer elektrolit sebelumnya yang dilakukan oleh Ni'mah dkk (2015) menunjukkan bahwa PEO akan berpengaruh dengan adanya garam. Garam yang digunakan sama dengan penelitian kali ini sama-sama yaitu menggunakan NaClO_4 . Penambahan NaClO_4

berpengaruh karena adanya ion yang terdeteksi pada spektra IR. Filler TiO_2 yang digunakan dengan penambahan PEO dan NaClO_4 juga berpengaruh dan terdeteksi. Penelitian ini *fly ash* akan diamati untuk dapat menggantikan peran TiO_2 dari jurnal sebelumnya. Spektra inframerah dari penambahan PEO, NaClO_4 dan *fly ash* dapat diamati pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Pola spektra IR

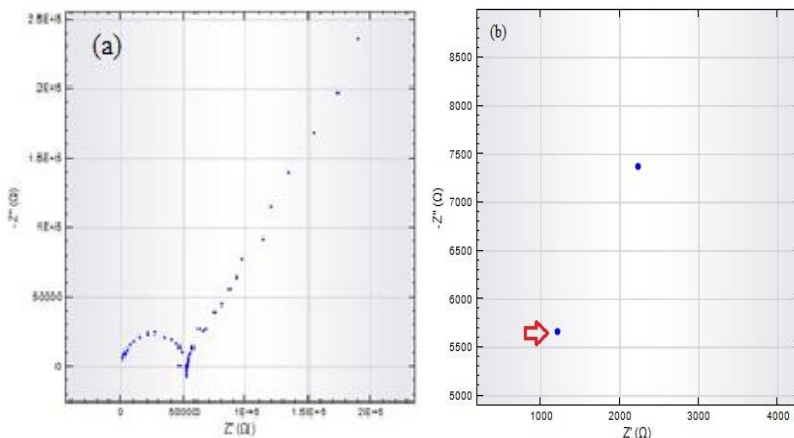
Spektra inframerah dari PEO teridentifikasi puncak karakteristik pada bilangan gelombang 3468 (gugus OH), 2918 (gugus CH), 1458-1240 (gugus CH₂), 1103 (gugus C-O-C) dan 588 (gugus CH₂) cm^{-1} . Setelah dilakukan penambahan dengan NaClO_4 maka teridentifikasi puncak pada bilangan gelombang 3444 (gugus OH), 2893 (gugus CH), 1465-1242 (gugus CH₂), 1118 (gugus C-O-C), dan 528 (gugus CH₂) cm^{-1} . Perbedaan terjadi yaitu dengan penambahan NaClO_4 yang muncul pada

bilangan gelombang 626 cm^{-1} . Adanya penambahan itu maka mengakibatkan vibrasi pada film sebelumnya. Jadi bisa diamati untuk gugus OH, gugus CH menjadi semakin kecil dan semakin tajam. Terjadi perubahan juga pada gugus pada bilangan gelombang 1118 cm^{-1} C-O-C yang makin tajam bila dibandingkan dengan sebelumnya. Perubahan itu disebabkan oleh adanya vibrasi serapan dari ClO_4^- seperti yang terjadi dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ni'mah dkk (2015). Jika dibandingkan puncak yang teridentifikasi akan berubah dengan dilakukan penambahan fly ash, bilangan gelombangnya sebesar 3525 (gugus OH), 2883 (gugus CH), $1348\text{-}1286$ (gugus CH_2), 1084 (gugus C-O-C), 630 (adanya Si-O atau Al-O) dan 520 (gugus CH_2) cm^{-1} . Puncak *fly ash* biasanya dapat diamati pada kisaran panjang gelombang sebesar $1250\text{-}950\text{ cm}^{-1}$ dan aktivasi dari *fly ash* akan membuat vibrasi yang membuat puncak makin tajam (Jumaeri dkk, 2007). Adanya vibrasi serapan dari Si-O-Na atau Al-O-Na dalam SiO_2 atau AlO_2 yang membuat puncak menjadi makin tajam dari *fly ash* dan serapan dari ClO_4^- membuat puncak makin tajam bila dibandingkan dengan penambahan PEO dan NaClO_4 .

4.4 Hasil Karakterisasi Impedansi

Karakterisasi impedansi digunakan untuk mengetahui daya konduktivitas ionik dari suatu larutan atau padatan. Nilai konduktivitas teramati dengan rentang frekuensi sebesar $1\text{ MHz} - 1\text{ Hz}$ dengan sinyal 10 mV dan pada suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$ hingga $90\text{ }^\circ\text{C}$. Pada penelitian yang diamati padatan dengan kandungan *fly ash*, garam dan PEO. Penelitian ini mengacu dari penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ni'mah dkk (2015) dengan karakterisasi padatan. Kandungan dari padatan tersebut menggunakan TiO_2 , NaClO_4 dan PEO. Nilai konduktivitas ionik pada penambahan NaClO_4 dan PEO sebesar $1,35 \times 10^{-4}\text{ S cm}^{-1}$

pada suhu 60 °C, Penambahan dengan TiO₂ akan membuat nilai konduktivitas ionik menjadi $2,62 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ pada suhu 60°C. Peningkatan nilai tersebut akibat tingginya fase amorf dari PEO dan terjadi pertukaran ruang yang dihasilkan disekitar TiO₂. Serta terjadi interaksi ion-ion yang terjadi yang melibatkan Na⁺ dengan ion TiO₂. Spektra impedansi yang didapatkan pada Gambar 4.3 yang menunjukkan nilai R dari polimer elektrolit tersebut. Nilai R didapatkan pada titik pertama yang berpotongan antara sumbu X dan sumbu Y. Selanjutnya dapat menggunakan rumus persamaan 2.1 untuk menghitung konduktivitas ionik suatu polimer elektrolit.

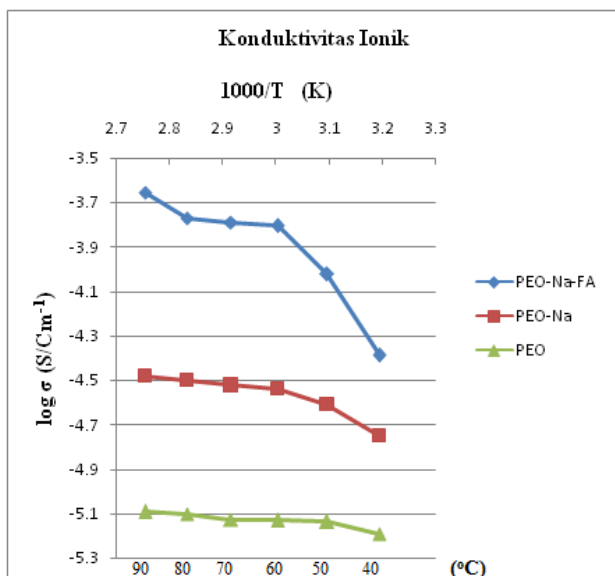


Gambar 4.3 (a) spektra impedansi ; (b) titik pertama perpotongan R antara sumbu x dan sumbu y

Pengaruh penambahan *fly ash* pada NaClO₄ dan PEO yang menggantikan peran TiO₂ dapat diamati pada Gambar 4.4. Grafik yang warna hijau (PEO) menunjukkan pergerakan yang konstan bila dibandingkan dengan grafik warna merah (PEO-NaClO₄) dan grafik warna biru (PEO-NaClO₄-Fly Ash) karena tidak terlalu mengalami interaksi yang kuat. Grafik warna merah

(PEO- NaClO_4) menunjukkan peningkatan yang jelas terlihat. Konduktivitas ionik teramati meningkat seiring dengan tingginya suhu. Hal itu karena semakin tinggi suhu semakin meningkat pula mobilitas ion Na^+ . Selain itu jelas bahwa konduktivitas ionik melonjak antara suhu 50 °C dan 40 °C yang menandakan adanya transisi PEO dari fasa semi kristalin ke amorf. Namun ketika suhu sudah mencapai 60 °C peningkatan tersebut menurun bahkan cenderung konstan. Menandakan bahwa pada di suhu 60 °C merupakan suhu optimum dalam penelitian polimer elektrolit padat dengan PEO- NaClO_4 dan pada suhu ini terjadi interaksi ion-ion yang cukup kuat bila dibandingkan dengan suhu yang lainnya. Nilai konduktivitas di suhu 60 °C pada grafik warna merah (PEO- NaClO_4) sebesar $2,90 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$. Hasil dari konduktivitas ionik ini berbeda jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ni'mah dkk (2015) meskipun dengan bahan yang sama. Perbedaan ini mungkin karena permukaan yang kurang stabil. Polimer elektrolit yang baik permukaannya datar dan pada ujung-ujungnya tidak melengkung. Permukaan yang baik berfungsi untuk memudahkan aliran elektrolit atau mobilitas ion-ion. Kemungkinan juga pada hasil yang terbentuk pada penelitian sebelumnya ukurannya lebih tipis. Polimer elektrolit padat yang memiliki ukuran tipis maka resistensinya semakin kecil. Semakin kecil resistensi, nilai konduktivitas ioniknya makin besar (Meyer, 1998). Jika diamati grafik warna biru (PEO- NaClO_4 -*Fly Ash*) memiliki konduktivitas paling tinggi bila dibandingkan dengan grafik yang lain. Namun sama seperti dengan grafik warna merah (PEO- NaClO_4) terjadi kenaikan yang cukup tinggi di suhu 60 °C. Nilai konduktivitas ionik pada suhu 60 °C grafik warna biru (PEO- NaClO_4 -*Fly Ash*) sebesar $1,56 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$. Hasil konduktivitas ionik ini jauh lebih baik bila dibandingkan dengan sebelumnya dan standar dari

konduktivitas dikatakan layak jika dalam suatu baterai sebesar 10^{-7} hingga $10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ (Linden ,2002). Hal ini bukan hanya interaksi dari ion – ion NaClO_4 dan PEO saja tapi melibatkan kandungan yang ada pada *fly ash*. Pada karakterisasi FTIR sebelumnya terdapat Si-O atau Al-O dalam SiO_2 atau AlO_2 yang berinteraksi dengan NaClO_4 dan PEO. Maka dari itu yang membuat konduktivitas ionik ini jauh lebih baik dengan adanya Si-O atau Al-O dalam SiO_2 atau AlO_2 pada kandungan *fly ash*.



Gambar 4.4 Konduktivitas ionik polimer elektrolit padat

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini adalah penambahan *fly ash* sebagai filler pada polimer elektrolit padat menggunakan matriks PEO dan garam dari NaClO_4 untuk baterai ion natrium berpengaruh pada nilai konduktivitas ionik. Konduktivitas ionik pada padatan polimer elektrolit tanpa adanya *fly ash* pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebesar $2,90 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$. Penambahan dengan *fly ash* dengan suhu yang sama $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ nilai konduktivitas ionik yang didapatkan sebesar $1,56 \times 10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$. Pengaruh adanya penambahan *fly ash* akan membuat kinerja menghantarkan arus listrik dari baterai ion natrium makin baik.

5.2 SARAN

Diharapkan pada penelitian selanjutnya bahwa adanya tambahan bahan organik ataupun anorganik lain yang mampu membuat konduktivitas ionik semakin tinggi dan ramah lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Choirul. Sirojudin. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*. Vol 10 no.1. 79
- Annual Book of ASTM Standard C 114-85. 1986. Chemical Analysis of Hydraulic Cement. (Uji Kimia Fly Ash: Halaman 99).
- Atkins, P.W., 1999. Kimia Fisika Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- ASTM C618. 1994. *Standard Specification for Fly ash and Rawor Calcined Natural Pozzolan For Use as Mineral admixture in Portland Cement Concrete*. American Society of Testing and Materials Annual Book of ASTM Standards, 04.02, West Conshohocken, Pennsylvania.
- Chun-Yue, P., Qing, F., Li-Jun, W., Qian, Z., Meng, C. 2007. Morphology and Conductivity In-Situ PEO-LiClO₄-TiO₂ Composite Polymer Electrolyte. *Journal of Central South University of Technology*. 13: 0348-05.
- Ghufira., Yudha, P. S., Angasa, E., Ariesta, J. 2012. Electrochemistry Study on PVC-LiClO₄ Polymer Electrolyte Supported by Bengkulu Natural Bentonite for Lithium Battery. *Aceh International Journal of Science and Technology*. 1: 26-29.
- Gray, FM. 1997. *Polymer Electrolyte*. The Royal Society of Chemistry; London.
- Hidayat, D., dan Iman, F. 2007. Ensiklopedia IPTEK. Jakarta: PT Lentera Permata Hijau.
- Hodge, R. M., Edward, G. H., Simon, G. P. 1996. *Polymers* 37. 1371-1376.

- Hwang, B. J., Hung, M., Lin, C.W., Venkateswarlu, M. 2005. Power Sources. 146. 397-401.
- Jandali M. Z, Widman G. 1995. Thermoplastics: Collected Applications Thermal Analysis. Switzerland: Mettler Toledo.
- Jeffery, G. H., Basset, J., Mendham, J. Denney, C. R.. 1989. Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis. 5th edition. London : Longman Scientific and Technical.
- Jingyu, X., Xiaobin, H., Xiaozhen, T. 2004. Effect of Organic-Inorganic Hybrid P123-em-SBA15 on Lithium Transport Properties of Composite Polymer Electrolyte. Chinese Science Bulletin. 49: 2129-2133.
- Jumaeri, W. A., Lestari, W. T. P..2007. Preparasi dan karakterisasi zeolit dari abu layang batu bara secara alkali hidrotermal. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Kumar, D., Hashmi S. A.. 2010. Solid State Ionic 181. 416-423.
- Linden, D., Reddy T. B. 2002. Handbook of Batteries 3Ed. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Macdonald, J. R. 2005. Impedance spectroscopy. John Wiley & Sons, inc. Hoboken : New jersey.
- Manthiram A. 2008. *Smart materials*. Editor, Mel Schwartz. New York: CRC Press.
- Meyer, W. H. 1998. Polymer Electrolytes for Lithium-Ion Batteries. *Advanced Material*, 10 (6). 439-448.
- Mohamed, N. S., Subban, R. H. Y., & Arof, A. K. (1995). Polymer batteries fabricated from lithium complexed acetylated chitosan. *Journal of Power Sources*, 56(2), 153-156.
- Mohaptra, S., Thakur, A., Choudhary, R.N.P. 2008. Ionics 14. 255-262.

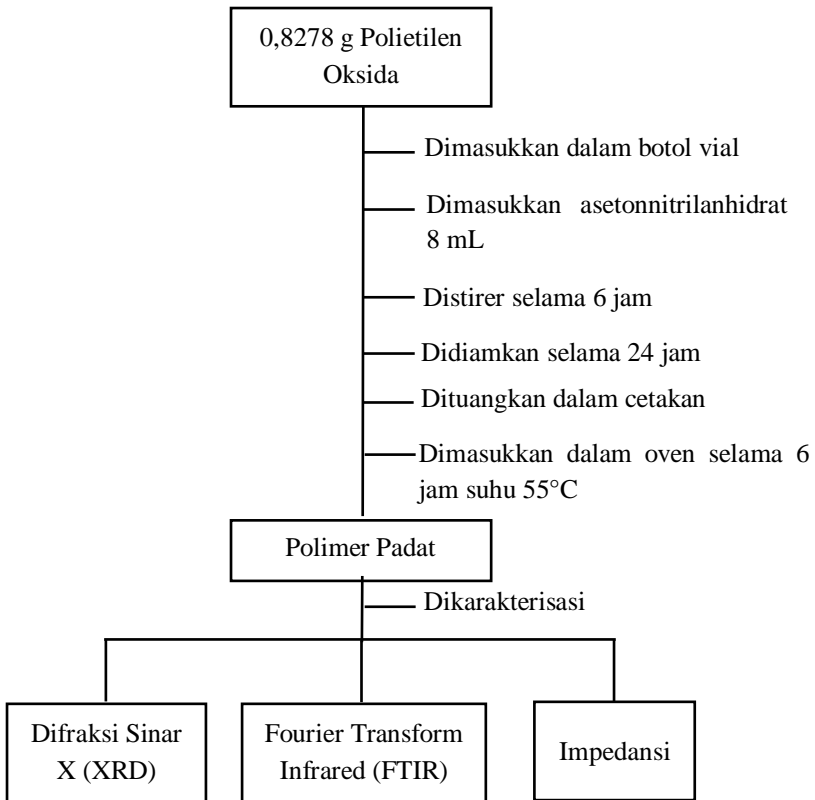
- Nishio, K., Furukawa N. 1999. Practical Batteries. Di dalam: Besenhard JO, editor. *Handbook of Battery Materials*. Austria: Willey-VCH. hlm 19.
- Ni'mah, Y. L., Cheng, Ming-Yao, Cheng, Ju Hsiang, Rick, John, Hwang, Joe-Bing. 2015. Solid-state polymer nanocomposite electrolyte of $\text{TiO}_2/\text{PEO}/\text{NaClO}_4$ for sodium ion batteries. *Journal of power sources* 278.375 – 381.
- Novitasari, R., Tandi, S. G., Suherman. 2016. Pengaruh silika terhadap membran blend kitosan polivinil alkohol litium sebagai membran elektrolit baterai ion litium. Palu : Universitas Tadulako.
- Palomares, V., Serras, P., Villaluenga, I., Hueso, K.B., Carretero-Gonzalez, J., Rojo, T. 2012. *Energy & Enviro.Sci.* 5 5884.
- Panda, R. N., Hsieh M. F., Chung R. J, Chin T. S. 2003. FTIR, XRD, FESEM and solid state NMR investigation of carbonate-containing hydroxyapatite nano-particles synthesized by hydroxidegel technique. *J. phs. Chem. Solid* 64.193-199.
- Patel, M., Chandrappa, K. G., Bhattacharyya, A. J..2010. *Solid State ionics* 181. 844-848.
- Rabek, J. F. 1983. *Experimental Methods in Polymer Chemistry, Physical Principles and Applications*. New York (US): A Wiley-Interscience Publication.
- Rickert, H. 1973. *Solid State Batteries and Devices*. Di dalam: W. Van Gool, editor, *Fast Ion Transport in Solid*. Amsterdam: North-Holland Publisher. 1-17.
- Sibilia, P. 1996. *"Guide To Material Characterization and Chemical Analysis 2nd edition"* . New York: John wiley-VCH.

- Sunardi. 2007. *Penuntun Praktikum Analisa Instrumen*. Depok : Universitas Indonesia.
- Van Deventer, J.S.J, JL Provis, P. Duxon, GC. Luckey. 2006. *Reaction Mechanism in Geopolymeric Conversion of Inorganic Waste to Useful Products*. *Journal of Hazardous Materials*, 139.506-513.
- West A.R. 1984. "Solid State Chemistry and Its Applications". New York: John Wiley & Sons.
- Yang, H.C., Huang, Q., Hua, C.H., Lan, Y.K., Chen, C.L. 2003. A Molecular Dynamics Simulation Study on Ion-Conducting Polymer SPBI-PS (Li+). *Journal of the Chinese Chemical Society*, 50.529-538.

LAMPIRAN

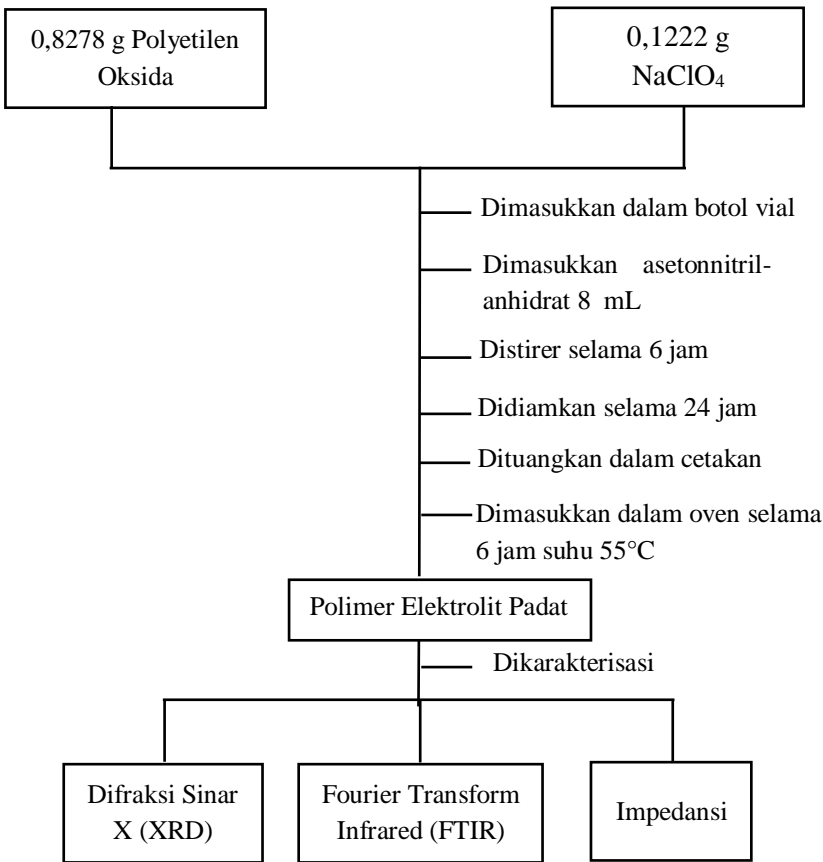
A. SKEMA KERJA

A.1 PREPARASI PEO



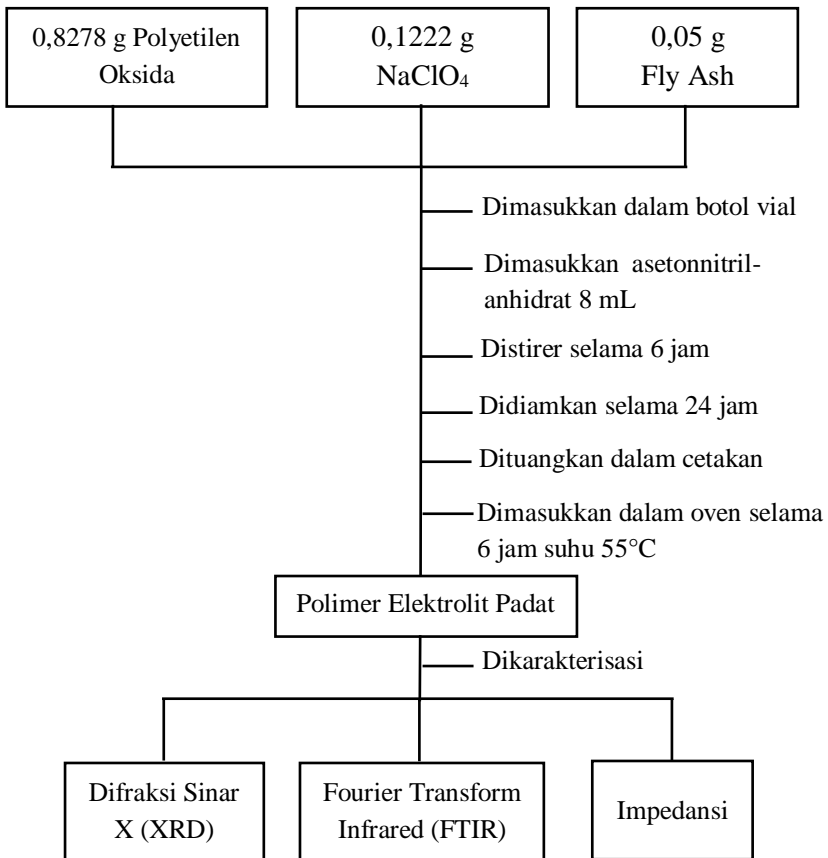
Gambar A.1 Skema kerja preparasi PEO

A2. SINTESIS POLIMER ELEKTROLIT PADAT (PEO- NaClO_4)



Gambar A.2 Skema kerja sintesis PEO- NaClO_4

A3. SINTESIS POLIMER ELEKTROLIT PADAT (PEO- NaClO_4 -FlyAsh)



Gambar A.3 Skema kerja sintesis PEO- NaClO_4 -fly ash

B. PERHITUNGAN

B.1 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO-NaClO₄)

Nilai Perbandingan EO : Na = 20

Mr NaClO₄ = 122,44 g/mol ; Mr EO = 44

$$\begin{aligned}\text{Massa PEO} &= \frac{\text{Total massa} \times (\text{Mr EO} \times \text{Perbandingan EO:Na})}{\text{Mr NaClO}_4 + (\text{Mr EO} \times \text{Perbandingan EO:Na})} \\ &= \frac{1 \text{ g} \times (44 \times 20) \text{ gram/mol}}{122,44 \text{ g/mol} + (44 \times 20) \text{ g/mol}} \\ &= 0,8778 \text{ g}\end{aligned}$$

Massa NaClO₄ = Total Massa - Massa PEO

$$= 1 \text{ g} - 0,8778 \text{ g}$$

$$= 0,1222 \text{ g}$$

B.2 Sintesis Polimer Elektrolit Padat (PEO-NaClO₄-Fly Ash)

$$\begin{aligned}\text{Fly ash 5\%} &= \frac{5}{100} \times 1 \text{ g} \\ &= 0,05 \text{ g}\end{aligned}$$

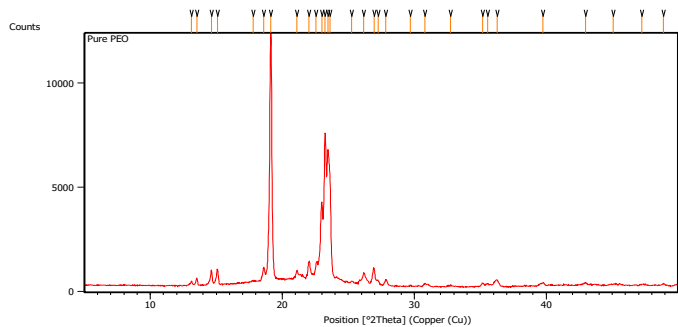
$$\begin{aligned}\text{Massa PEO} &= 0,8778 \text{ g} - 0,05 \text{ g} \\ &= 0,8278 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\text{Massa NaClO}_4 = 0,1222 \text{ g}$$

C. HASIL KARAKTERISASI

C.1 HASIL DIFRAKSI SINAR-X

C.1.1 PEO

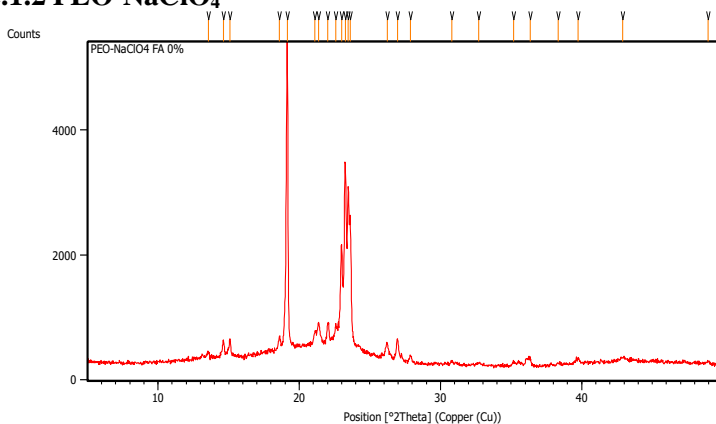


Gambar C.1.1 Difraksi sinar-x PEO

Tabel C.1.1 Difraksi sinar-x PEO

Pos. [°2 Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2 Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
13.1302	218.68	0.0836	6.74297	1.81
13.5284	373.37	0.1171	6.54535	3.09
14.6322	769.46	0.1171	6.05401	6.36
15.0826	788.49	0.1171	5.87422	6.52
17.7765	253.82	0.2676	4.98962	2.10
18.5862	887.50	0.1338	4.77405	7.33
19.1402	12099.65	0.1673	4.63709	100.00
21.1213	748.36	0.1004	4.20642	6.19
22.0299	1195.23	0.1506	4.03495	9.88
22.5678	1134.89	0.0669	3.93997	9.38
22.9889	4043.48	0.1171	3.86874	33.42
23.2464	7317.74	0.1171	3.82647	60.48
23.4604	6563.18	0.0836	3.79205	54.24
23.6256	4996.18	0.1338	3.76591	41.29
25.2512	254.73	0.1171	3.52704	2.11
26.1764	659.45	0.1171	3.40444	5.45
26.9521	859.34	0.1171	3.30819	7.10
27.2706	284.15	0.1004	3.27027	2.35
27.8413	343.41	0.0836	3.20452	2.84
29.7063	57.93	0.1673	3.00745	0.48
30.7917	144.56	0.1338	2.90387	1.19
32.7506	61.93	0.4015	2.73452	0.51
35.1787	160.27	0.1338	2.55114	1.32
35.5456	150.95	0.1673	2.52565	1.25
36.3003	294.50	0.3680	2.47485	2.43
39.7427	138.17	0.1673	2.26806	1.14
42.9656	120.97	0.1673	2.10511	1.00
45.0550	64.76	0.6691	2.01222	0.54
47.2380	58.69	0.3346	1.92420	0.49
48.8914	105.44	0.2007	1.86293	0.87

C.1.2 PEO- NaClO_4

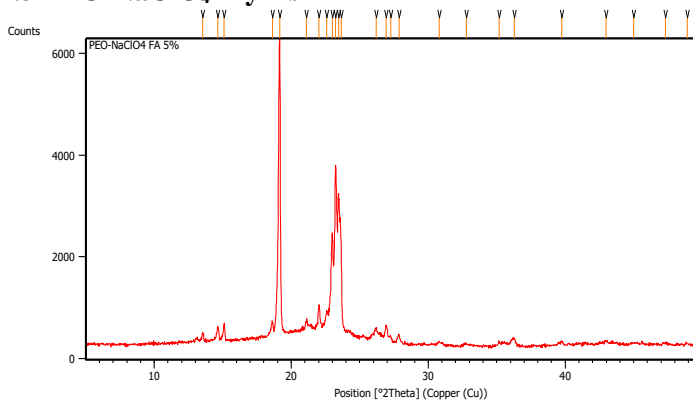


Gambar C.1.2 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4

Tabel C.1.2 Difraksi sinar-x PEO- NaClO_4

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
13.5713	94.35	0.1338	6.52476	1.87
14.6254	283.08	0.1338	6.05682	5.61
15.1073	301.38	0.0669	5.86467	5.97
18.6061	272.01	0.1004	4.76898	5.39
19.1501	5046.95	0.1004	4.63472	100.00
21.1136	411.53	0.1338	4.20793	8.15
21.3690	552.27	0.1004	4.15822	10.94
22.0099	530.16	0.1338	4.03856	10.50
22.5862	524.86	0.1004	3.93680	10.40
22.9874	1824.62	0.1004	3.86900	36.15
23.2575	3172.18	0.1171	3.82467	62.85
23.4684	2751.54	0.0669	3.79078	54.52
23.6231	2104.68	0.0836	3.76630	41.70
26.2318	288.81	0.1673	3.39738	5.72
26.9568	367.72	0.1506	3.30763	7.29
27.8887	114.14	0.1338	3.19918	2.26
30.8003	49.99	0.2007	2.90307	0.99
32.7091	36.36	0.2676	2.73789	0.72
35.1733	65.76	0.2007	2.55152	1.30
36.3571	126.97	0.1004	2.47111	2.52
38.3581	29.78	0.2007	2.34669	0.59
39.7421	71.90	0.3346	2.26810	1.42
42.9158	59.82	0.3346	2.10744	1.19
48.9712	35.57	0.2007	1.86008	0.70

C.1.3 PEO-NaClO₄-Fly Ash



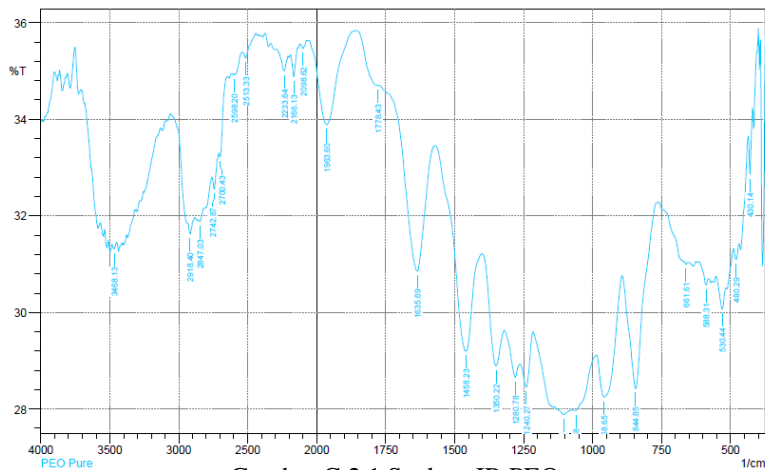
Gambar C.1.3 Difraksi sinar-x PEO-NaClO₄-fly ash

Tabel C.1.3 Difraksi sinar-x PEO-NaClO₄-fly ash

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
13.5247	172.45	0.1004	6.54714	2.94
14.6187	254.70	0.1171	6.05956	4.35
15.1105	343.09	0.1171	5.86344	5.85
18.6257	343.93	0.1171	4.76401	5.87
19.1568	5860.54	0.1171	4.63311	100.00
21.1113	406.94	0.1004	4.20838	6.94
22.0339	716.35	0.1004	4.03421	12.22
22.5861	583.77	0.1004	3.93682	9.96
22.9895	2134.84	0.1004	3.86865	36.43
23.2418	3460.27	0.1004	3.82722	59.04
23.4533	2908.72	0.0836	3.79319	49.63
23.6387	1958.15	0.1171	3.76386	33.41
26.2160	299.22	0.1171	3.39938	5.11
26.9360	358.12	0.1004	3.31013	6.11
27.2561	142.32	0.1338	3.27198	2.43
27.8700	189.50	0.1004	3.20128	3.23
30.7932	74.71	0.4015	2.90373	1.27
32.8009	47.04	0.4015	2.73044	0.80
35.1776	99.74	0.1338	2.55122	1.70
36.2847	145.25	0.3011	2.47588	2.48
39.7587	73.57	0.1004	2.26719	1.26
42.9776	57.04	0.4015	2.10455	0.97
44.9966	36.22	0.2676	2.01470	0.62
47.3211	35.77	0.4015	1.92102	0.61
48.9283	33.13	0.4015	1.86161	0.57

C.2 HASIL FOURIER TRANSFORM INFRA RED

C.2.1 PEO

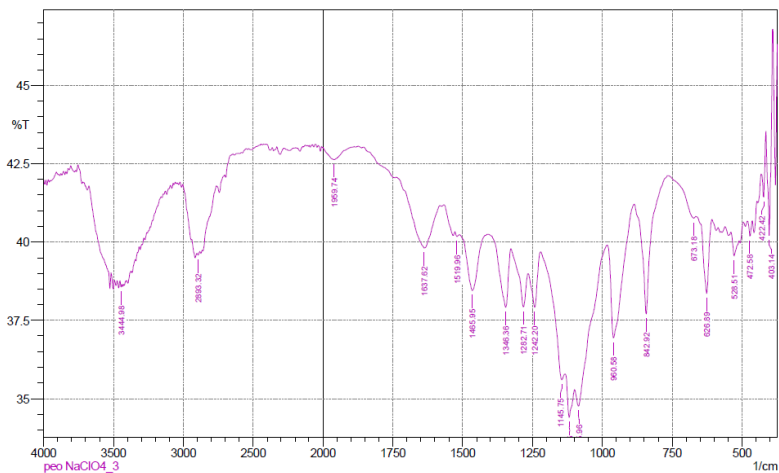


Gambar C.2.1 Spektra IR PEO

Tabel C.2.1 Spektra IR PEO

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	430.14	32.853	1.025	435.93	420.5	7.339	0.099
2	480.29	31.098	0.263	488.01	468.72	9.748	0.037
3	530.44	30.069	0.53	553.59	516.94	18.964	0.132
4	588.31	30.575	0.206	613.38	580.59	16.776	0.039
5	661.61	30.998	0.049	669.32	655.82	6.863	0.004
6	844.85	28.428	2.868	891.14	761.91	67.001	2.205
7	958.65	28.246	1.347	985.66	893.07	49.72	1.231
8	1060.88	27.97	0.165	1072.46	987.59	46.365	0.18
9	1103.32	27.886	0.426	1215.19	1074.39	77.113	0.915
10	1240.27	28.452	0.808	1263.42	1217.12	24.98	0.28
11	1280.78	28.661	0.464	1319.35	1265.35	28.985	0.161
12	1350.22	28.899	1.306	1400.37	1321.28	41.616	0.718
13	1458.23	29.203	2.758	1570.11	1402.3	85.046	2.694
14	1635.69	30.859	2.989	1774.57	1572.04	97.516	2.819
15	1778.43	34.701	0.06	1855.58	1774.57	36.769	0.1
16	1963.6	33.892	1.837	2056.19	1861.37	88.793	1.727
17	2098.62	35.473	0.12	2121.77	2071.62	22.535	0.037
18	2166.13	34.886	0.514	2191.21	2137.2	24.503	0.149
19	2233.64	34.999	0.355	2291.51	2206.64	38.455	0.156
20	2513.33	35.267	0.232	2540.33	2440.03	45.104	0.099
21	2598.2	34.914	0.105	2609.77	2540.33	31.578	0.063
22	2700.43	33.218	0.281	2708.15	2644.49	29.697	-0.055
23	2742.87	32.552	0.404	2758.3	2708.15	24.223	0.11
24	2847.03	31.884	0.11	2860.53	2820.02	20.059	0.033
25	2918.4	31.63	0.777	3039.91	2885.6	75.035	0.713
26	3468.13	31.318	0.118	3485.49	3450.77	17.48	0.03

C.2.2 PEO – NaClO₄

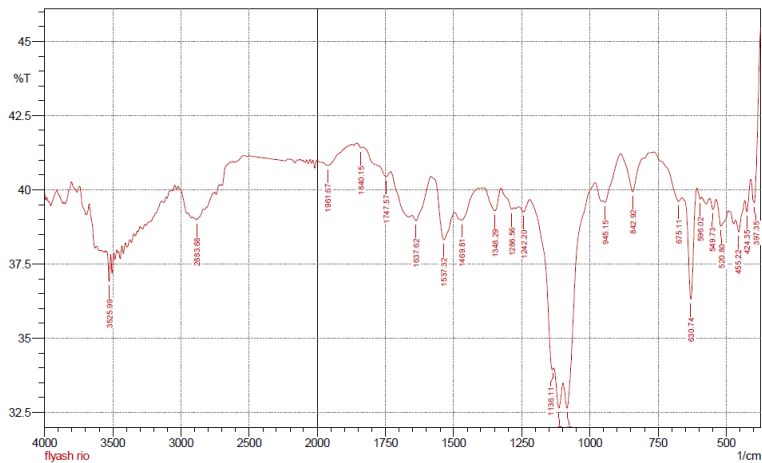


Gambar C.2.2 Spektra IR PEO-NaClO₄

Tabel C.2.2 Spektra IR PEO-NaClO₄

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	403.14	40.205	4.843	414.71	389.63	9.274	0.613
2	422.42	41.441	1.493	432.07	414.71	6.515	0.126
3	472.58	40.19	0.478	480.29	462.93	6.822	0.038
4	528.51	39.549	0.665	540.09	511.15	11.554	0.098
5	626.89	38.352	2.402	665.46	607.6	23.091	0.543
6	673.18	40.768	0.147	765.77	665.46	38.263	-0.086
7	842.92	37.696	3.849	887.28	765.77	47.574	1.37
8	960.58	36.938	3.252	981.8	887.28	38.63	1.591
9	1085.96	34.756	0.973	1097.53	983.73	48.676	0.359
10	1118.75	34.394	1.185	1132.25	1099.46	14.98	0.239
11	1145.75	35.601	0.701	1220.98	1134.18	36.718	0.14
12	1242.2	37.909	1.447	1265.35	1220.98	18.303	0.328
13	1282.71	37.921	1.297	1327.07	1265.35	25.33	0.356
14	1346.36	37.913	1.985	1408.08	1327.07	32.912	0.689
15	1465.95	38.452	1.791	1510.31	1408.08	41.207	0.794
16	1519.96	40.176	0.114	1527.67	1510.31	6.866	0.011
17	1637.62	39.813	1.681	1737.92	1581.68	60.819	1.339
18	1959.74	42.637	0.397	2002.18	1888.37	41.885	0.214
19	2893.32	39.581	0.087	2902.96	2879.82	9.303	0.009
20	3444.98	38.569	0.13	3452.7	3439.19	5.577	0.011

C.2.3 PEO – NaClO₄ – Fly Ash



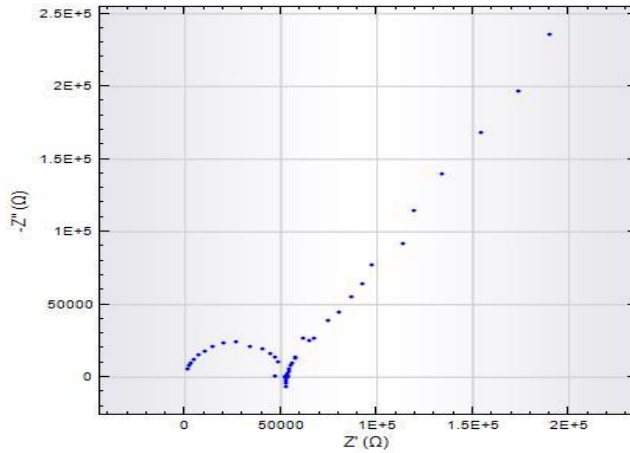
Gambar C.2.3 Spektra IR PEO-NaClO₄-fly ash

Tabel C.2.3 Spektra IR PEO-NaClO₄-fly ash

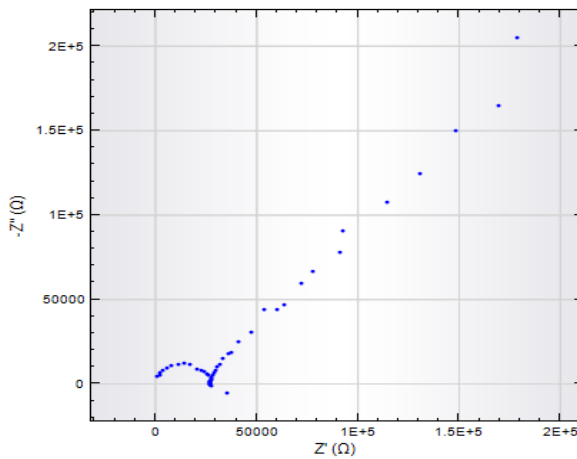
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	397.35	39.5654	2.4917	408.92	374.2	13.3108	0.5263
2	424.35	39.2627	0.6132	432.07	408.92	9.2797	0.067
3	455.22	38.581	0.6213	466.79	432.07	14.1897	0.1109
4	520.8	38.7775	0.751	538.16	491.86	18.8787	0.1939
5	549.73	39.3366	0.3561	561.3	538.16	9.3316	0.0431
6	596.02	39.6905	0.1636	607.6	590.24	6.9417	0.0154
7	630.74	36.3027	3.6124	661.61	609.53	21.6299	0.8443
8	675.11	39.6107	0.3252	765.77	661.61	40.9058	0.0174
9	842.92	39.9451	1.2886	887.28	783.13	40.6163	0.5442
10	945.15	39.5801	0.2376	952.87	887.28	25.8603	0.0577
11	1084.03	32.6441	1.625	1097.53	981.8	49.624	0.4418
12	1114.89	32.6537	1.0688	1132.25	1099.46	15.7189	0.2385
13	1136.11	33.9583	0.1582	1220.98	1134.18	36.9046	0.0419
14	1242.2	39.2631	0.2747	1259.56	1220.98	15.597	0.0558
15	1286.56	39.3474	0.1732	1327.07	1276.92	20.1459	0.0377
16	1348.29	39.2955	0.7672	1388.79	1327.07	24.7929	0.2742
17	1469.81	38.983	0.4633	1496.81	1388.79	43.5227	0.13
18	1537.32	38.3172	1.488	1583.61	1496.81	35.2584	0.5674
19	1637.62	38.9612	0.4688	1653.05	1583.61	28.0074	0.2162
20	1747.57	40.4463	0.3044	1832.44	1730.21	39.7328	0.1708
21	1840.15	41.4144	0.0699	1855.58	1832.44	8.8457	0.0068
22	1961.67	40.8214	0.3533	2004.11	1872.94	50.6257	0.2052
23	2893.68	38.9985	0.0904	2895.25	2835.45	24.3743	0.0456
24	3525.99	36.9171	0.9259	3541.42	3516.35	10.7157	0.1358

C.3 HASIL SPEKTROSKOPI IMPEDANSI

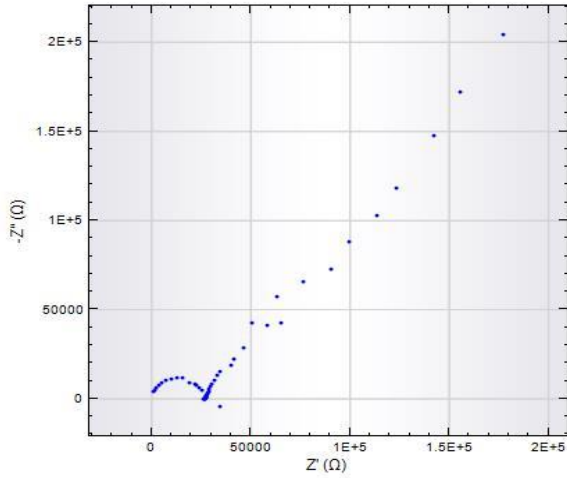
C.3.1 PEO



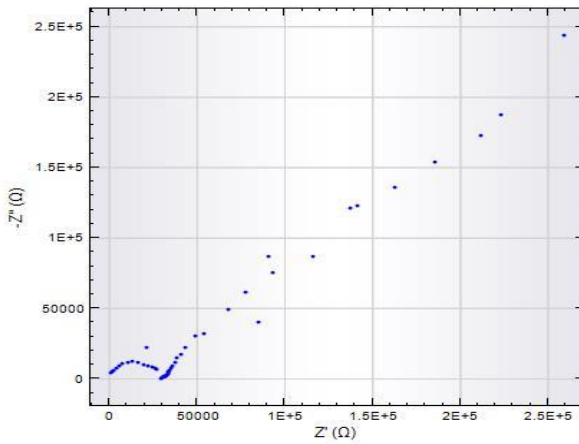
Gambar C.3.1.1 Spektra impedansi PEO suhu 40



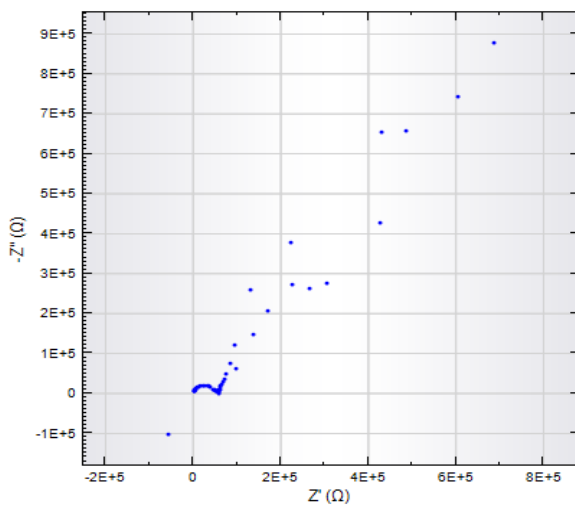
Gambar C.3.1.2 Spektra impedansi PEO suhu 50



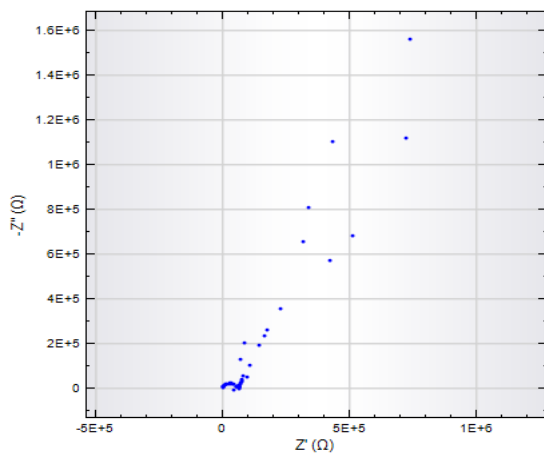
Gambar C.3.1.3 Spektra impedansi PEO suhu 60



Gambar C.3.1.4 Spektra impedansi PEO suhu 70

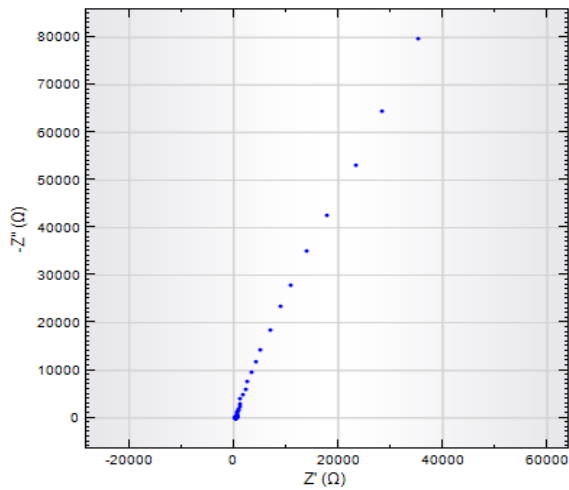


Gambar C.3.1.5 Spektra impedansi PEO suhu 80

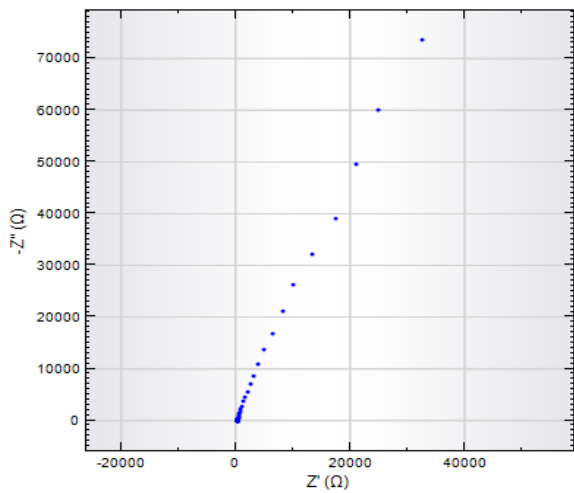


Gambar C.3.1.6 Spektra impedansi PEO suhu 90

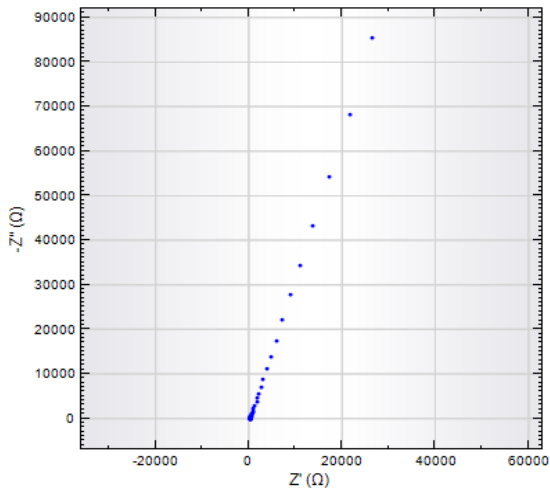
C.3.2 PEO – NaClO₄



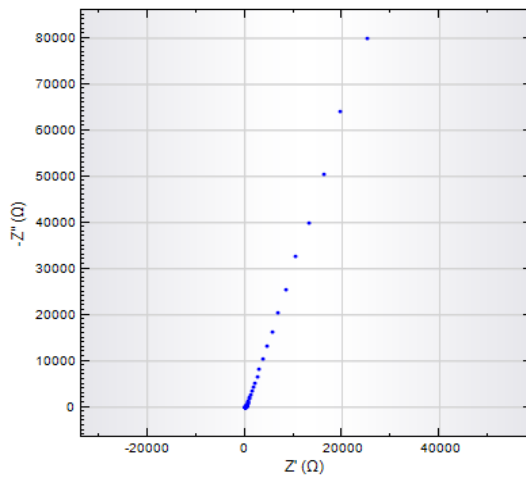
Gambar C.3.2.1 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 40



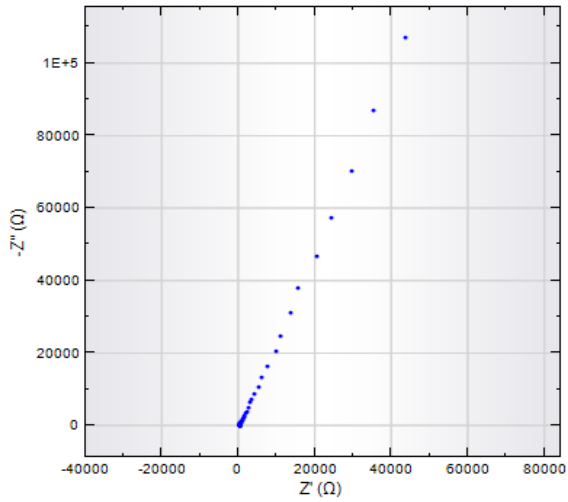
Gambar C.3.2.2 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 50



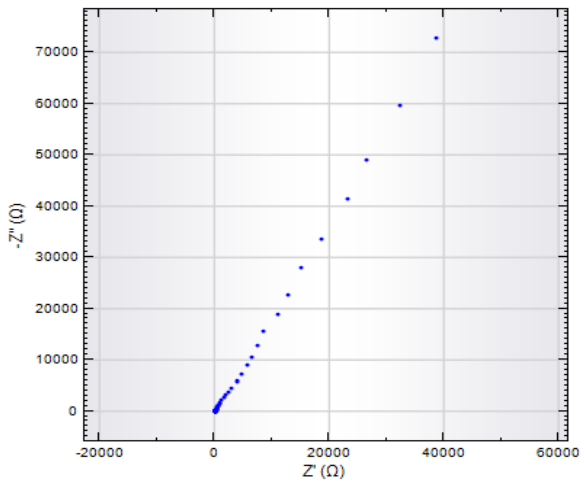
Gambar C.3.2.3 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 60



Gambar C.3.2.4 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 70

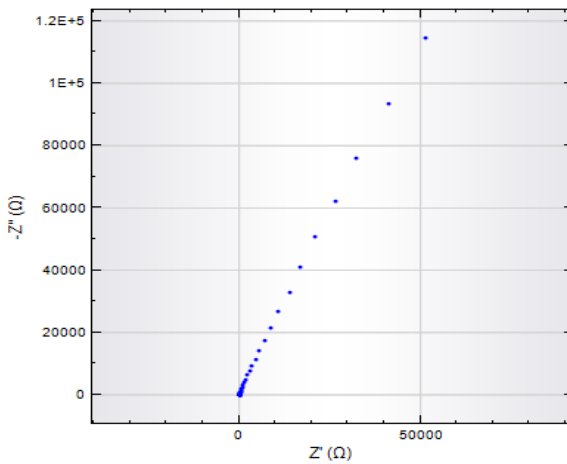


Gambar C.3.2.5 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 80

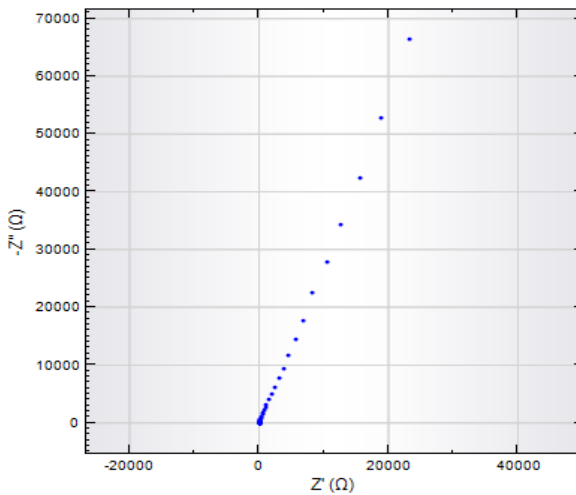


Gambar C.3.2.6 Spektra impedansi PEO-NaClO₄ suhu 90

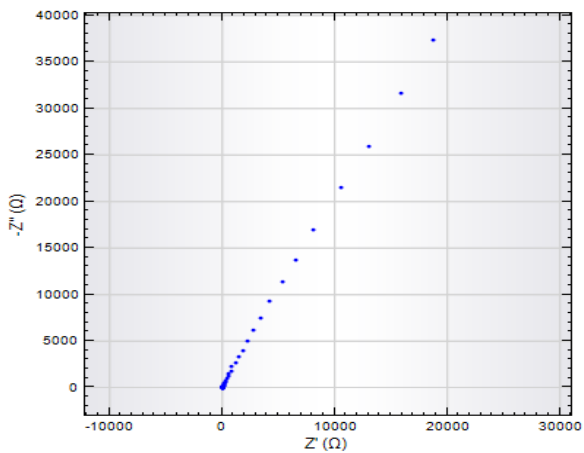
C.3.3 PEO – NaClO₄ – Fly Ash



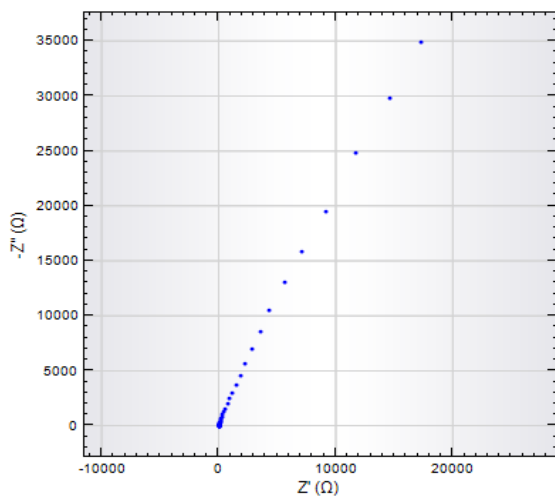
Gambar C.3.3.1 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 40



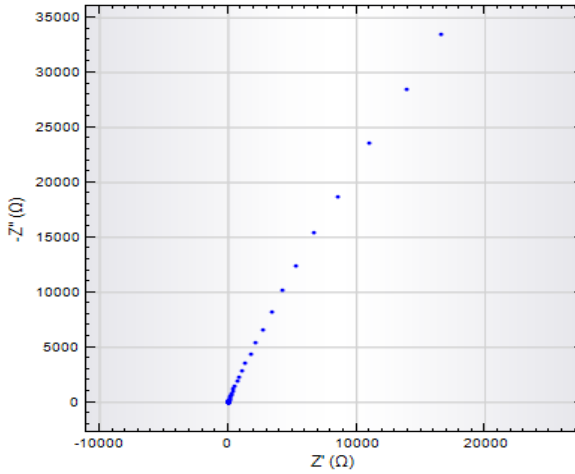
Gambar C.3.3.2 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 50



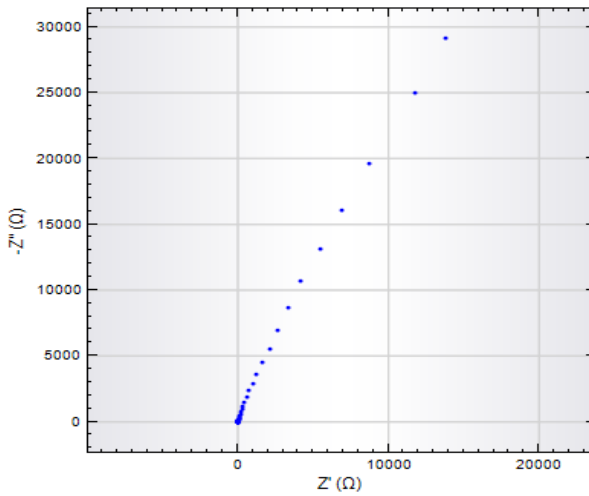
Gambar C.3.3.3 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 60



Gambar C.3.3.4 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 70



Gambar C.3.3.5 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 80



Gambar C.3.3.6 Spektra impedansi PEO-NaClO₄-fly ash suhu 90

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Dimas Rio Priyambodo. Penulis adalah anak pertama dari pasangan bapak Sugeng Priyanto dan Ibu Yayuk Prihatin yang dilahirkan di Surabaya, 11 Mei 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu Tk Kartini Surabaya (1999-2001), SDN Banyu Urip 3 Surabaya (2001-2007), SMPN 4 Surabaya (2007-2010), SMAN 1 Surabaya (2010-2013). Penulis melanjutkan jenjang pendidikan S1 di

Departemen Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN 2013. Pada tahun kedua dan ketiga penulis pernah menjadi staf di departemen Perekonomian HIMKA-ITS periode 2014-2015, kepala departemen Perekonomian HIMKA-ITS periode 2015-2016. Penulis menyelesaikan program sarjana dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Analitik di bawah bimbingan Yatim Lailun Ni'mah Ph. D. dan Dra. Ita Ulfen, M.Si. Penulis dapat dihubungi melalui akun email dimasriopriyambodo@yahoo.com.